ИОН-ПЛАЗМА ВА ЛАЗЕР ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.30.05.2018.FM/T65.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ИОН-ПЛАЗМА ВА ЛАЗЕР ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ИНСТИТУТИ

ЭГАМБЕРДИЕВ КАМОЛАДДИН БАХОДИРОВИЧ

ИШҚОР ГАЛОГЕНЛИ 2,6-ДИМЕТИЛПИРИДИН – СУВ СИСТЕМАСИДА ФАЗАВИЙ ЎТИШ ЯҚИНИДАГИ КРИТИК ҲОДИСАЛАР

01.04.03 – Молекуляр физика ва иссиқлик физикаси

ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

ТОШКЕНТ – 2019

УДК: 534.8

Физика-математика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по физико-математическим наукам

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on physical-mathematical sciences

Эгамбердиев Камоладдин Баходирович
Ишқор галогенли 2,6-диметилпиридин – сув системасида фазавий ўтиш яқинидаги критик ҳодисалар ……..... 3

Эгамбердиев Камоладдин Баходирович
Критические явления вблизи фазовых переходов в системе 2,6-диметилпиридин – вода с щелочными галогенидами …… 19

Egamberdiev Kamoladdin Bakhodirovich
Critical phenomena near phase transition in 2,6-dimethylpyridine – water system with alkali halides ……..... 35

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works ……..……. 39

ИОН-ПЛАЗМА ВА ЛАЗЕР ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.30.05.2018.FM/T65.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ИОН-ПЛАЗМА ВА ЛАЗЕР ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ИНСТИТУТИ

ЭГАМБЕРДИЕВ КАМОЛАДДИН БАХОДИРОВИЧ

ИШҚОР ГАЛОГЕНЛИ 2,6-ДИМЕТИЛПИРИДИН – СУВ СИСТЕМАСИДА ФАЗАВИЙ ЎТИШ ЯҚИНИДАГИ КРИТИК ҲОДИСАЛАР

01.04.03 – Молекуляр физика ва иссиқлик физикаси

ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

ТОШКЕНТ – 2019

Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2017.3.PhD/FM128 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ион-плазма ва лазер технологиялари институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.iplt.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	**Мирзаев Сирожиддин Зайниевич** физика-математика фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	**Отажонов Шавкат** физика-математика фанлари доктори, профессор
	Клычев Шавкат Исхакович техника фанлари доктори, катта илмий ходим
Етакчи ташкилот:	**Самарқанд давлат университети**

Диссертация ҳимояси Ион-плазма ва лазер технологиялари институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.30.05.2018.FM/T65.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «____»_____ соат ____даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100125, Тошкент шаҳри, Дўрмон йўли кўчаси, 33-уй. Тел./факс: (+99871) 262-32-54, email: info@iplt.uz, Ион-плазма ва лазер технологиялари институти мажлислар зали).

Диссертация билан Ион-плазма ва лазер технологиялари институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100125, Тошкент шаҳри, Дўрмон йўли кўчаси, 33-уй. Тел: (+99871) 262-31-69.

Диссертация автореферати 2019 йил «___» _____ куни тарқатилди.

(2019 йил «___»_____даги _____рақамли реестр баённомаси).

Х.Б. Ашуров
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Д.Т. Усманов
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш илмий котиби, ф.-м.ф.д., катта илмий ходим

С.А. Бахрамов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, ф.-м.ф.д., профессор, академик

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда бугунги кунда фазавий ўзгариш жараёнлари билан боғлиқ фундаментал ва амалий муаммоларнинг ечимини топишга ва жадал суратда ривожланиб бораётган нанотехнология, биомуҳандислик, тиббиёт ва фармацевтикада кенг қўлланилувчи комплекс суюқликларда кузатилувчи критик ҳодисаларга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Кўп функцияли супрамолекуляр структуралар олиш тиббиётда тирик организмларга дори воситаларини зарур жойга самарали етказишдан тортиб мураккаб нано ўлчамдаги қурилмаларни бошқариш имкониятигача бўлган илмий муаммоларни ҳал қилишга хизмат қилади. Акустик майдонларда босим ва температуранинг даврий ўзгариши ҳамда уларнинг концентрация флуктуацияга таъсири, динамик критик ҳодисалар устида тадқиқот олиб бориш имкониятини яратади. Критик нуқта яқинида спонтан ҳолатда критик флуктуациялар ўсиши ва парчаланиши орқали юзага келадиган структураларнинг пайдо бўлиши билан боғлиқ релаксацион жараёнларнинг кинетик хусусиятларини аниқлаш кўп компонентли эритмалар иссиқлик ва молекуляр физикасининг ўта долзарб масалалари ҳисобланади.

Бугунги кунда дунёда моддаларнинг суюқ ҳолатини тадқиқ қилишда ниҳоятда муҳим илмий ва амалий аҳамиятга молик суюқ фазада кечадиган жуда тез содир бўлувчи физикавий ва кимёвий жараёнлар кинетикасини тадқиқ қилишга катта эътибор қаратилмоқда. Баъзи ҳолларда ультратовуш ёрдамида олиб бориладиган тадқиқот усули кинетик ва термодинамик параметрларини аниқлаш имконини берувчи ягона усул ҳисобланади. Бироқ ўрганилаётган жараёнларнинг кинетикаси ҳақида тўлиқ илмий маълумот олиш учун етарли даражада кенг частоталар ва температуралар диапазонида акустик тўлқинларнинг тарқалишини тадқиқ қилиш талаб этилади. Ҳозирги кунга қадар ушбу изланишлар кўп ҳолларда катта бўлмаган частоталар диапазонида ва тор соҳадаги температураларда олиб борилган. Ушбу илмий муаммолар суюқ эритмаларда критик ҳодисалар механизмларини тушуниш ва сувли эритмада иккинчи тур фазавий ўтиш яқинида критик ҳодисаларнинг умумий илмий манзарасини яратишда устувор аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикасида сўнги йилларда амалий аҳамиятга эга бўлган фан соҳасидаги долзарб йўналишлар, хусусан, суюқ тизимлар структураси бўйича кўп илмий материаллар тўплаш ва структуралар ҳосил бўлишининг асосий қонуниятларини аниқлашга ҳамда критик нуқта яқинида молекуляр ассоциацияларнинг ҳосил бўлиш ва парчаланиш релаксация вақтларининг сезиларли даражада секинлашиши билан боғлиқ янги ҳодисаларни аниқлашга эътибор кучаймоқда. Бу фундаментал тадқиқотлар ва йўналишлар мамлакатимиз илм-фанининг ривожланишида катта аҳамиятга эгадир. Уларнинг амалий тадбиғи 2017–2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида[1] акс эттирилган.

[1] 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947 – сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Ўзбекистон Республикаси Президентининг Фармони.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ–4947-сон «2017–2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармонида ва 2017 йил 17 февралдаги ПҚ–2789-сон «Фанлар академияси фаолияти, илмий-тадқиқот ишларини ташкил этиш, бошқариш ва молиялаштиришни янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорида ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Физика, астрономия, энергетика ва машинасозлик» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Турли хорижий илмий марказлар томонидан сувли эритмаларда содир бўладиган релаксацион ҳодисалар кинетикаси ва критик нуқта яқинидаги фазавий ўтиш жараёнлари акустик ва реологик хусусиятлари бўйича муҳим тадқиқотлар олиб борилган. Ушбу йўналишларда хорижлик олимлар, жумладан: россиялик (М.А.Анисимов, Ю.С.Манучаров, И.Г.Михайлов, М.И. Шахпаронов, А.З. Паташинский, Ю.П. Соловьев, М.Ф. Вукс), германялик (Ф. Эггерс, У.Шрайбер, У.Каатце, Х. Вайнгартнер, В. Шроер, Х. Климаер), америкалик (Х.Е. Стенли, Ж. Якобс, Ж.В. Сенгерс, К.Ж. Вилсон, К.Д. Коллинс, Р.А. Феррелл), япониялик (К. Кавасаки, К. Хумано, И. Митсушима, К. Кубота, Х. Танака, О. Онуки), хиндистонлик (Ж.К. Бхаттачаржи, А. Кумар, Р. Чандрасекхар, Н. Нарайан) ва бошқалар изланишлар олиб боришган ҳамда мамлакатимиз олимлари (П.К.Хабибуллаев, С.З.Мирзаев, М.Г.Халиулин) бу соҳада муҳим аҳамиятли натижаларни қўлга киритишган.

Бу тадқиқот натижалари фазавий ўтиш яқинида ультратовуш ютилиш механизмларини тавсифлашдаги янги назариялар яратишда, критик нуқта яқинида эритмаларнинг термодинамик хусусиятларини аниқлашда, кимёвий релаксация тезлигини бошқаришда ва наностуктурали материаллар олиш жараёнларини оптималлаштиришда муҳим аҳамиятга эга бўлиб келмоқда.

Маълумки, барча иккинчи тур фазавий ўтишларнинг умумий хусусияти, бу – ўзаро таъсирнинг турли микроскопик табиатига эга системалар хусусиятларининг фазавий ўтишлар нуқтаси яқинида физик хусусиятларнинг бир хиллигига ва универсаллигига олиб келувчи сабаб, ўзаро таъсирлашувчи аномал ўсувчи флуктуациядир. Кинетик хусусиятларнинг флуктуация назарияси натижалари кўп холларда, сўнги олинган тажриба натижаларига мувофиқ эмас. Уларни мувофиқлаштириш йўлида қўйилган биринчи қадам, турли хил суюқ тизимларда флуктуация тартиб параметрлари кинетикасини тавсифловчи универсал муносабат ва унинг ечими орқали флуктуация назарияси натижаларини янада қатъийроқ йўллар билан олиш ва ҳисоблашдан иборат.

Ўзбекистон Республикасида, сўнги йилларда, юқорида қайд этилган тадқиқот йўналишларига алоҳида эътибор қаратилмоқда. Хусусан профессор С.З. Мирзаевнинг олиб борган тадқиқот натижалари асосида турли сувли

аралашмаларда критик температура яқинидаги релаксацион жараёнлар вақтларининг кечикиши билан боғлиқ янги ҳодиса аниқланган. Ҳозирги кунда сувли аралашмаларга турли ишқор галогенлар қўшиш билан содир бўладиган критик ҳодисалар ва молекулалараро ўзаро таъсир кинетикасини кенг частоталар соҳасида ички ўзаро таъсир механизмлари етарлича ўрганилмаган. Суюқликларнинг критик нуқта яқинидаги хусусиятларини аниқлашда шу каби тадқиқотлар ўта муҳим аҳамиятга эга.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасаси илмий тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ўзбекистон Республикаси Фанлар академиясининг Ион-плазма ва лазер технологиялари институтининг имий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ ОТ-Ф2-42 «Наносуюқликларда кўчиш жараёнлари ва фазавий ўтишлар» (2017-2020) ва МУ-Ф3-2017101937 «Акустик спектроскопия ва ёруғликнинг динамик сочилиши ёрдамида нанофлюидларда кимёвий релаксацион жараёнларни тадқиқ қилиш» (2018-2019) илмий фундаментал лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади сувли эритмаларнинг иккинчи тур фазавий ўтиш яқинидаги акустик, реологик, динамик ҳамда кинетик параметрларини ва релаксацион жараёнлар хусусиятларини аниқлашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

суюқлик-суюқлик фазавий диаграммаси ва ишқорли галогенидларнинг фазавий диаграмма симметриклигига таъсирини тадқиқ қилиш;

сувли эритмаларда кичик частотали интервалда пастки ажралиш критик нуқтаси атрофида ультратовуш ютилиш коэффициентини ўлчашга мўлжалланган экспериментал қурилма ишлаб чиқиш;

критик кўрсаткичларни аниқлаш, ультратовуш ютилиш акустик спектрини тадқиқ қилиш ва уларни мавжуд назариялар орқали таҳлил қилиш;

релаксацион жараёнлар кинетик параметрларини аниқлаш;

критик системалар учун адиабатик боғланиш катталиклари қийматини аниқлаш ва критик таркибга эга бошқа сувли эритмалар билан солиштириш;

сувли эритма учун Бхаттачаржи-Феррелл назарий модели ёрдамида кинетик параметрларнинг температурага ва концентрацияга боғлиқликларини аниқлашдан иборат.

Тадқиқот объекти сифатида 2,6-диметилпиридин (2,6-ДМП, $(CH_3)_2C_5H_3N$) сувли эритмалари билан NaCl, NaBr, NaF, NaI, LiBr, KBr ишқорий галогенидлар танланган.

Тадқиқот предмети суюқ тизимларда молекулалараро ўзаро таъсирлашув жараёнлари, суқлик-суюқлик ажралиш критик нуқта яқинидаги критик ҳодисалар ва сувли эритмада релаксацион жараёнлардир.

Тадқиқот усуллари. Акустик спектроскопия усули, реология усули, ёруғликнинг динамик сочилиш усули, юқори аниқликдаги денситометрия, рефрактометрия ва потенциометрия усуллари.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

кичик концентрацияли ишқор галогенидлар 2,6-диметилпиридин сувли аралашмасига қўшилганда корреляция узунлиги критик кўрсаткичи камайиши

аниқланган ва бундай камайиш критик флуктуацияларнинг сиқилишига олиб келиши туфайли юз бериши топилган;

2,6-диметилпиридин сувли аралашмасида ультратовуш ютилиш спектрининг 300 кГц ва 700 МГц частоталарда кузатилган релаксацион жараёнларни тадқиқ қилиш натижасида критик нуқта яқинида концентрация флуктуациялардан ташқари 2,6-диметилпиридин молекулаларининг тахланиш ва протонлар кўчиши билан боғлиқ протолиз жараёнлари мавжудлиги аниқланган;

сувли аралашмаларда содир бўладиган критик ҳодисаларни экспериментал тадқиқ қилиш орқали олинган масштаб функциянинг келтирилган частотага боғлиқлиги Бхаттачаржи - Феррелл назариясида келтирилган натижалар билан устма-уст тушиши топилган ва критик жараёнларни тавсифлашда ушбу назария мос келиши аниқланган;

критик таркибга эга сувли аралашманинг ультратовуш ютилиш амплитудаси ва тезлиги ҳамда солиштирма иссиқлик сиғими асосида ҳисобланган адиабатик боғловчи доимий қийматлари орқали ультратовуш ютилиш спектрида критик ташкил этувчи ҳаднинг кичик улуши мавжуд эканлиги аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

кичик частоталар соҳасида ва кенг температуралар диапазонида акустик параметрларни аниқлаш орқали биологик объектларни тадқиқ қилишга мўлжалланган, мавжуд резонатор камераларига нисбатан 5 марта кичик ҳажмга эга ультратовуш камераси яратилган;

фазаларга ажралувчи сувли аралашмаларнинг критик нуқта яқинида иссиқлик физикавий, оптик ва акустик хусусиятлари бўйича олинган натижалар асосида динамик масштаблаштириш назариясининг суюқ тизимларда мураккаб турдаги критик ҳодисаларни ўрганишда самарали тадбиқ қилиниши кўрсатиб берилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ёруғликнинг динамик сочилиши, акустик спектроскопия, реометрия ва денсиометрия каби замонавий экспериментал усулларни қўллаш орқали таъминланган. Асосий эътибор олинган натижаларининг такрорланишига, шу билан бирга илмий адабиётларда мавжуд маълумлотларга эга муаллифнинг оригинал тадқиқот натижалари билан солиштиришга қаратилган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундаки, фазаларга ажралувчи системалар тадқиқот натижалари фазавий ўтишлар молекуляр жараёнларининг кинетикаси ва механизмларини ўрганишда муҳим аҳамиятга эга. Ўрганилаётган объектнинг тажриба орқали олинган акустик ва реологик параметрлари натижаларининг батафсил таҳлили суюқ ҳолатнинг замонавий назариясини яратишда тадбиқ этилиши мумкинлиги билан белгиланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундаки, кинетик параметрларнинг акустик маълумотлари бўйича тадқиқот натижалари аналитик кимёда тадбиқ қилиниши ва сувли эритмада релаксацион жараёнлар механизмларини тушунтириш билан белгиланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ишқорий галогенидлар қўшилган 2,6-диметилпиридин сувли аралашмасида фазавий ўтишлар яқинидаги критик ҳодисаларни ўрганиш асосида:

сувли эритмаларнинг фазавий ўтиш температураси яқинида солиштирма иссиқлик сиғимининг температурага боғлиқлик натижалари ва релаксацион жараёнларнинг кинетик параметрлари бўйича олинган натижалар 13-95320 UZB-BFDK15004A рақамли «Ўзбекистон шароитида қуёш иссиқлик электр станциясини хисоблаш ва моделлаштириш» лойиҳасида иссиқлик ташиш самарадорлигини ошириш учун оптимал концентрация танлашда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Фанлар академиясининг 2019 йил 25 июлдаги 2/1255-2047 – сон маълумотномаси). Илмий натижалардан фойдаланиш иссиқлик сақловчи тизимларда суюқликларнинг фазавий ўзгариш жараёнларини олдини олиш ва қуёш иссиқлик қурилмаларининг ишлаш самарадорлигини ошириш имконини берган;

2,6-диметилпиридин сувли аралашмасининг критик нуқта яқинида қовушқоқликнинг концентрацияга боғлиқлиги ва кенг температуралар интервалида юқори аниқликда ўлчанган диффузия коэффициенти бўйича олинган натижалар М/Узб-КНР-19/2015 рақамли «Иссиқлик ташувчи сифатидаги наносуқликларнинг физикавий хоссалари ва уларнинг паст потенциалли қуёш қурилмалари иссиқлик-техник тавсифларига таъсирини тадқиқ қилиш» лойиҳасида иссиқлик ва кинетик параметрларни аниқлашда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академиясининг 2019 йил 25 июлдаги 2/1255-2047 - сон маълумотномаси). Илмий натижалардан фойдаланиш қуёш иссиқлик қурилмалари иссиқлик хоссаларининг муҳим параметрларини юқори аниқликда ўлчаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 11 та илмий-амалий анжуманларда, жумладан, 5 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган. Диссертация материаллари Георг–Август университети «Учинчи физика» институтининг (Германия) илмий семинарида маъруза қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича асосий натижалар 16 та илмий ишларда чоп этилган ва Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсиф этилган нашрлардаги 5 та мақолада чоп этилган.

Тадқиқотнинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертация 38 та расм ва 6 та жадвални ўз ичига олади. Диссертациянинг ҳажми 123 бетни ташкил этган.

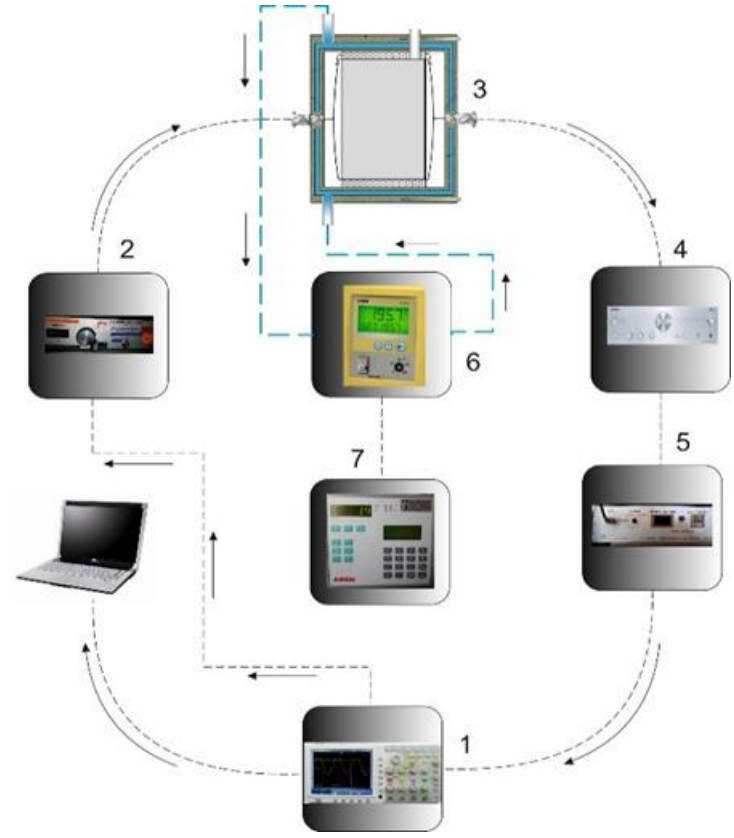
ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида танланган мавзунинг долзарблиги ва зарурати, республикада фан ва технологиялар ривожланишининг асосий истиқболли йўналишлари билан боғлиқ тадқиқотлар олиб борилганлиги, диссертация мавзуси бўйича халқаро илмий тадқиқотларнинг шарҳлари келтирилган, муаммонинг ўрганилганлик даражаси, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, тадқиқотнинг предмети ва усуллари, илмий аҳамияти, олинган натижаларнинг хақиқийлиги асосланган ва уларнинг назарий ва амалий аҳамиятлари очиб

берилган, тадқиқотнинг қўлланилиши ва апробацияси тўғрисида қисқача маълумотлар келтирилган, бундан ташқари, диссертациянинг ҳажми ва тузилиши ҳақидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Критик ажралиш нуқтага эга суюқликлар хусусиятларини тадқиқ қилиш бўйича тажриба ва назарий тадқиқотларнинг шарҳи»** деб номланган биринчи бобида критик нуқтада фазаларга ажралувчи суюқликларнинг акустик ва реологик хусусиятларини тадқиқ этиш бўйича тажриба ҳамда назарий илмий ишлар шарҳлари келтирилган. Олиб борилган адабиётлар шарҳларидан диссертациянинг асосий вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг **«Ажралувчи суюқликларнинг физик-кимёвий ва акустик хусусиятларини тадқиқ қилишнинг эксперимental усуллари»** деб номланган иккинчи бобида ультратовушлар ютилишининг амплитудавий коэффициентлари, динамик қовушқоқлик ва ўзаро диффузия коэффициентини ўлчаш усули, тажриба қурилмаларининг тавсифи батафсил баён этилган. Суюқ системаларда содир бўлувчи релаксацион жараёнларни тадқиқ этишда акустик спектроскопия усули етарлича иформатив усуллардан бири ҳисобланади. Частоталари 0,1 МГц дан 20 МГц гача булган оралиқлардаги ультратовушларнинг ютилиши ва тарқалишини ўрганиш бўйича ўлчашлар резонанс усули ёрдамида амалга оширилди. Бу усул цилиндрик резонаторда турғун тўлқинлар параметрларидан фойдаланишга асосланган бўлиб, у суюқликларда нисбий ютилиш коэффициенти ва тарқалиш тезликларини характеристик резонанс пикларнинг кенглиги бўйича аниқлаш имконини беради. 1-расмда тажриба қурилмасининг блок-схемаси келтирилган.

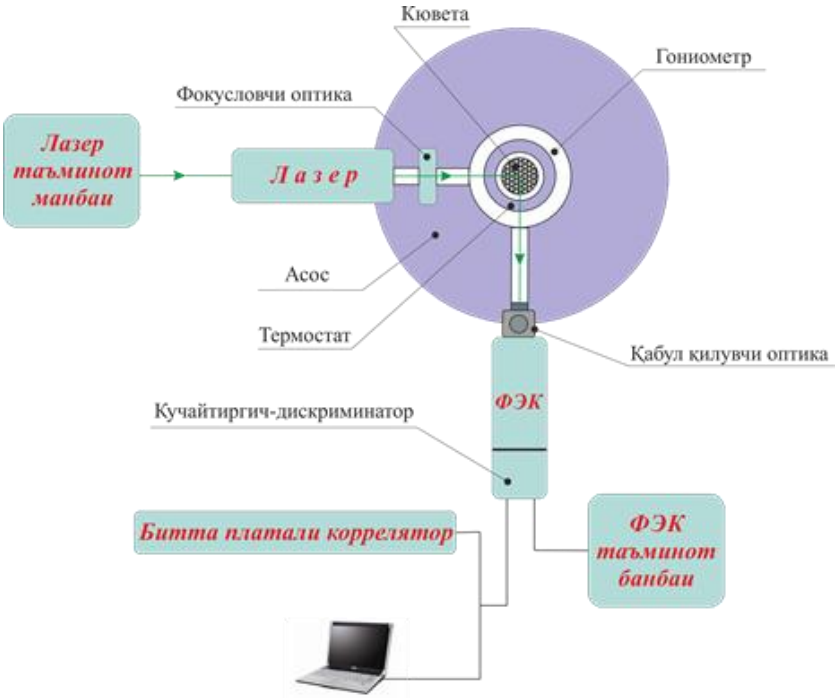


1-расм. Суюқликларнинг акустик параметрларини ўлчаш қурилмасининг блок схемаси

Ғалаёнлантирувчи пьезоўзгартиргич (*x* кесимли пьезокварц) частоталарини кичик қадамлар билан бошқариш имконини берувчи анализатор 1 га уланган. Резонаторнинг характеристик f_n частоталарига мос келувчи маълум частоталарда системада турғун тўлқинлар юзага келади.

Бу частоталарда қабул қилувчи пьезоўзгартиргич электродларида кучайишдан кейин бошқарилучи кучайтиргич 4 да ўлчанувчи ёки HP E5100B анализатор экранида кузатилувчи аниқ кучланиш пиклари олинади. Частоталари 20 МГц дан 1000 МГц гача бўлган соҳада ультратовушларнинг ютилиш коэффициентини аниқлаш учун стандарт импульс усулидан фойдалинилган. Бунда пьезопластинкалар тескари алмаштирилган у-кесимли ва 7 МГц резонанс частотага, ҳамда 10 мм диаметрли пьезокварцдан тайёрланган. Ультратовушларни қабул қилувчи сифатида HP E5100B анализаторидан фойдаланилди.

Сувли аралашмалар кинематик қовушқоқликлари Уббелоде шиша капиляр визсозиметри ёрдамида ўлчанган. Уббелоде шиша капиляри бир учи *U*-симон шиши идиш ҳисобланади. Капиляр вискозиметр шиша цилиндрда айланувчи суюқлик билан термостатга жойлаштирилган ва ўз навбатида у термостатик қобиққа жойлаштирилган. Намуналарининг температуралари ± 0,02 К аниқликгача бўлган қийматларда назорат қилиб борилди. Температура юқори аниқликдаги Pt-100 ва NTC термометрлар ёрдамида ўлчанган.



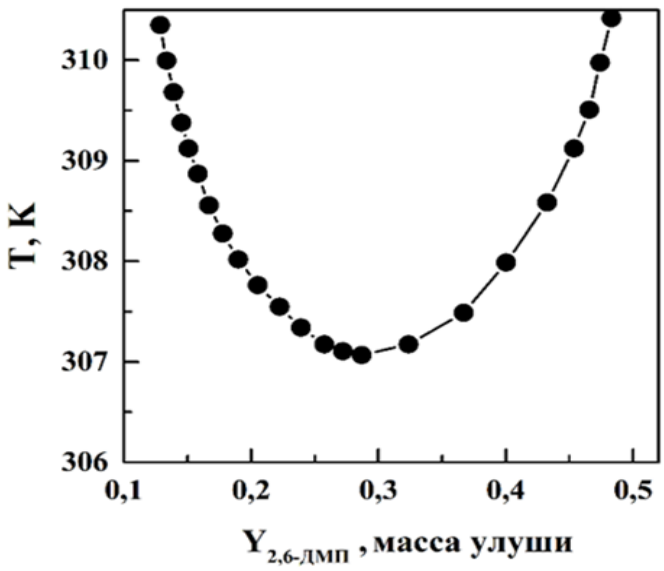
2-расм. ALV 5000/E фотон корреляцион спектрометрининг схемаси

Критик таркибга эга эритманинг диффузия коэффициенти 2-расмда келтирилган фотон корреляцион спектроскопия (ФКС) - ёруғликнинг динамик сочилиши усули ёрдамида аниқланган. Бу усулнинг моҳияти шундан иборатки, бунда намунанинг тадқиқ қилинаётган соҳасидан сочилган нур фотоқабул қилгичнинг майдони бўйича квадратик фотокатодга йўналтирилади. Бунда, катодда, тушувчи нурланиш спектри турли частотавий ташкил этувчилари орасида тебранишлар юзага келади. Суюқликларда муаллақ турган дисперс

заррачаларнинг ҳаракатларида ҳар доим браун иссиқлик ҳаракатлари мавжуд бўлади. ФКС усулининг асосий ғоясини қуйидагича ифодалаш мумкин: суюқликларда дисперс заррачалар ёки макромолекулалар браун ҳаракатлари, заррачалар концентрациясининг локал флуктуациясига олиб келади. Ўз навбатида бу характеристик вақт рақамли коррелятор ёрдамида ўлчанаётган сочилган ёруғлик интенсивлиги флуктуацияси вақтий корреляцион экспоненционал функциянинг сўниш вақти ҳисобланади. Бунинг натижасида эса синдириш кўрсаткичининг локал бир жинсли бўлмаслиги ва мос равишда бундай муҳит орқали лазер нурланишининг тарқалишида сочилган нурланиш интенсивлиги флуктуацияси юзага келади. Заррачанинг диффузия коэффициенти сочилган ёруғлик интенсивлиги флуктуациясини тавсифловчи релаксация вақтига тескари пропорционал.

Ҳар бир танланган сочилиш бурчаги учун сочилган ёруғликнинг автокорреляцион функцияси мавжуд рақамли корреляцион харита орқали аниқланади. Бу 288 каналдан иборат харита характеристик вақтни $2 \cdot 10^{-7}$ ва $3{,}4 \cdot 10^{3}$ сек вақтлар оралиқлари учун ҳақиқий вақтни ўлчаш имкониятини яратади. Тадқиқотларда тўлқин узунлиги 532 нм бўлган лазердан ҳамда фазовий юқори ажрата олиш қобилиятига эришиш, қабул қилишда флуорецент чақнашни бартараф қилиш, шунингдек, суюқликларда ориентацион корреляция улушини камайтириш учун одатий қурилмадан фойдаланилди.

Диссертациянинг «**Сувли 2,6-диметилпиридин эритмасининг акустик ва реологик хусусиятларини экспериментал тадқиқ этиш**» деб номланган учинчи бобида критик температура яқинида фазаларга ажралувчи сувли эритмаларнинг реология ва автокорреляцион спектроскопияси, акустик спектроскопия усуллари билан тадқиқ қилинган тажриба натижалари келтирилган ва олинган натижалар таҳлил қилинган. 3-расмда 2,6-ДМПнинг 0,1 дан 0,5 гача бўлган масса улушли концентрацияларда система фазавий диаграммаси келтирилган. 2,6-ДМП-сув системасининг фазавий даграммасини тадқиқ қилиш учун LAUDA термостати, юқори аниқликдаги PT-100, Julabo ва NTC термометрларидан ҳамда, бундан ташқари, Hg-термометридан фойдаланилган.

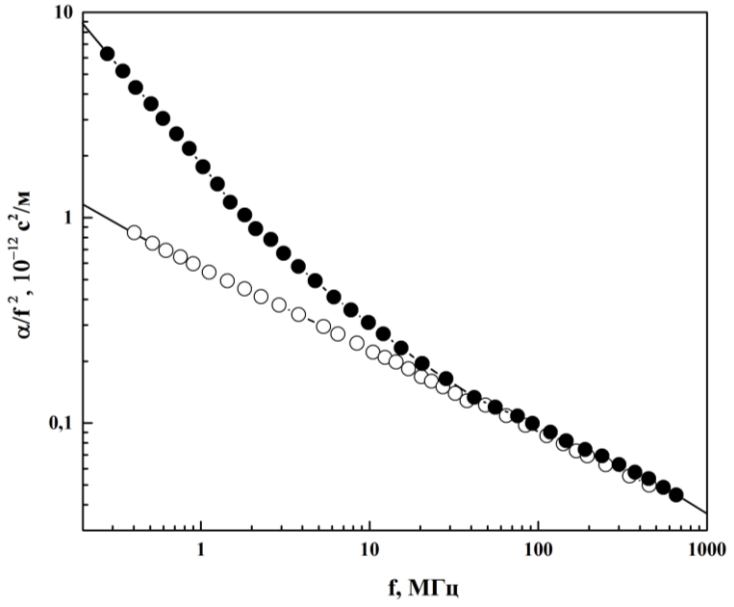


3-расм. 2,6-ДМП сувли эритманинг фазавий диаграммаси

Дастлаб, шаффоф сувли аралашманинг температураси критик нуқтага яқинлашиши билан шаффоф бўлмаган суюқликка айлана бошлайди. Ундан кейин суюқлик турли ҳажмга эга бўлган икки фазага ажралади. Суюқликнинг температураси критик нуқтага яқинлашганда эса аралмашма ҳажмлари бир хил бўлган иккита фазага тўлиқ ажралади. Янги фазаларни аниқлаш, эритмада суюқлик-суюқлик ажарилиш чегараси ҳосил бўлиш орқали визуал олиб борилди ва бунда бир хил ҳажмлар мезонидан фойдаланилди. Айнан шу вақтда критик температуранинг қиймати қайд этилади. Расмдан кўринадики, фазага ажралиш температуралари 2,6-ДМПнинг концентрациясига кучли боғлиқ ва $Y_{2,6-\text{ДМП}} = 0{,}29$ (критик таркиб) концентрацияда ўзининг минимимум қийматига эришади ва критик температура 307,05 К эканлиги аниқланди. Бу температура пастки (қуйи) критик ажралиш температураси дейилдаи.

4-расмда критик таркибга эга 2,6-ДМП-H_2O аралашмасида 298 К ва T_c критик температураларда ультратовушнинг частотавий нормаллаштирилган ютилиш спектри келтирилган. Критик температурада ультратовуш тўлқинларининг частотавий нормаллаштирилган ютилиш спектрлари Бхаттачарджи-Феррелл назарияси бўйича таҳлил этилди ва дифференциал сканерловчи калориметр ёрдамида аниқланган $\alpha_0 = 0{,}11$ қиймати орқали критик кўрсаткич 0,06 га тенг эканлиги аниқланди.

Тадқиқ қилинган частоталар соҳаларида релаксацион жараёнлар билан боғлиқ бўлган ютилишнинг частота ортиши билан камайиши иккита спектр ҳолида берилган. Турли температурлар учун келтирилган ютилиш спектралари катта частоталар соҳаларида бир-бири билан устма-уст тушган, бунда келтирилган α/f^2 натижалар паст частоталар соҳаларида T_c температурада 298 К температурадагига қараганда катта бўлиши кўрсатилди. Бу ўзига хослик критик ютилиш спектрида локал флуктуация концентрация билан боғлиқ ҳадга эга бўлгандаги ультратовуш ютилиш спектрлари учун мос келади.



4-расм. Критик таркибга эга 2,6-ДМП - H_2O аралашмасида 298 К (○) ва критик температурада (●) ультратовуш частотавий нормаллаштирилган ютилиш спектри

Ютилиш спектрларини таҳлил қилиш учун ночизиқли регрессион энг кичик квадратлар усулидан фойдаланилди. Бу усул келтирилган ўзгарувчиларни минимал даражага келтиради. Температуранинг $(T - T_c)$ ўзгаришларида спектрнинг параметрлари 1-жадвалда келтирилган. Жадвалдан кўринадики, критик нуқта яқинида τ_1 релаксация вақти сезиларли даражада катта қийматга ортади. Температура критик нуқтага яқинлашганда B параметрнинг камайиши ютилиш спектри юқори частотали қисмининг қовушқоқликка боғлиқлигини тавсифлайди.

1-жадвал

Критик таркибга эга 2,6-ДМП - H_2O аралашманинг ультратовуш спектридаги акустик параметрлари

T - T_c, К	$A \pm 0{,}4$ (10^{-3})	$\tau_1 \pm 0{,}1$, (нс)	$B \pm 1$ (пс)
8,4	9,6	79,6	70,3
2,4	9,6	106,1	70,4
1,4	8,4	132,8	65,8
0,8	9,6	158,4	63,5
0,2	12,1	201,7	62
0,02	12,1	530,5	62

Критик температура яқинида, ютилиш, спектрида α/f^2 уринмаси $S = (3{,}97 \pm 0{,}01) \cdot 10^{-6}$ с$^{-0{,}94}$ м$^{-1}$ тўғри чизиқда жойлашади. Бу уринма қуйидаги муносабат орқали Бхаттачарджи–Феррелл назарий моделида келтирилган адиабатик боғловчи доимий $|g|$ нинг қийматларини аниқлаш имконини беради:

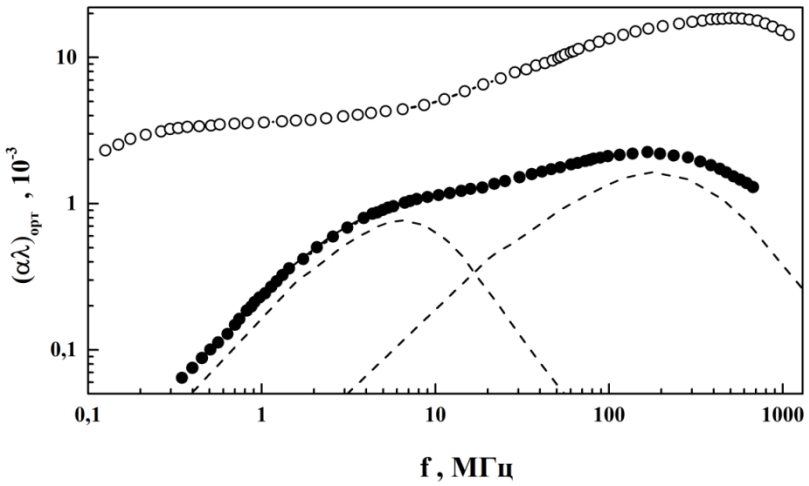
$$|g| = \frac{C_{pb}}{\pi}\left[\frac{2T_c\alpha_0 S}{\delta A^+ u(T_c)}\right]^{1/2}\left[\frac{2\pi}{\Omega_{1/2}\Gamma_0}\right]^{\delta/2} \quad (1)$$

Бу ерда C_{pb} ва A^+/α_0 – мос равишда иссиқлик сиғимининг фон қисми ва сингуляр қисмининг амплитудаси, C_p – доимий босим учун иссиқлик сиғими бўлиб, у қуйидаги муносабат орқали аниқланади:

$$C_p = \frac{A^+}{\alpha_0}\varepsilon^{-\alpha_0} + C_{pb} \quad (2)$$

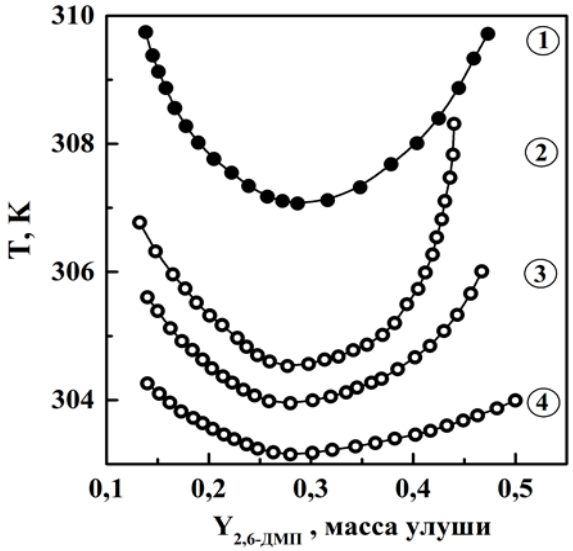
Тадқиқотларда олинган $A^+/\alpha_0 = 0{,}26$ Дж/(г $\cdot K$), $C_{pb} = 3{,}46$ Дж/(г $\cdot K$), $u_s(T_c) = 1567$ м/с натижалар қийматлардан фойдаланиб, $|g| = 0{,}17$ қиймати олинди. 2,6-ДМП - H_2O критик системанинг адиабатик боғловчи катталиги бошқа қутбли ташкил этувчиларга эга критик аралашмалардан кичик. Масалан, изомойли кислота – сув аралашма учун 2,1 ва нитрат этиламоний-сув системаси учун 1,3 қийматга тенг. Бу заиф боғланиш ютилиш спектрида критик ташкил этувчларнинг нисбатан катта бўлмаган улушларига олиб келади.

Ютилиш спектрида нокртиик дебай релаксацион улуши критик таркибга эга аралашма учун $2{,}6 - \text{ДМП} + H_2O \leftrightarrows (2{,}6 - \text{ДМП})H^+ + OH^-$ протолиз мувозанат жараёнини ифодалайди. Бу улуш нокритик таркибли аралашма учун 298 К ҳароратда келтирилган ультратовуш ютилиш спектрида мавжуд ва у 5-расмда келтирилган (узлукли чизиқ – дебай релаксацион ҳадлар улушлари).

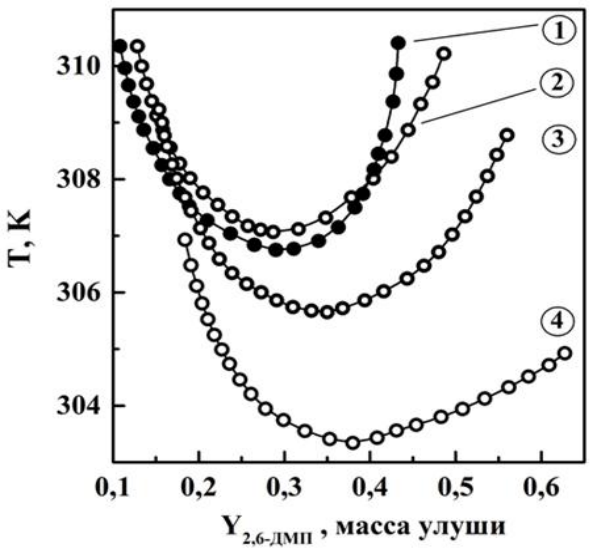


5-расм. 2,6-ДМП - H_2O аралмашма учун $T_c - T$ = 0,3 К (○), $Y_{2,6\text{-ДМП}}$=0,148 учун 298 К (●) да ультратовуш ютилиш коэффициенти

Диссертациянинг «**Ишқор галогенли 2,6-диметилпиридин сувли эритмасининг акустик ва реологик хусусиятларини экспериментал тадқиқ этиш**» деб номланган тўртинчи бобида критик нуқта яқинида кичик миқдордаги ишқор галогенлар қўшилган ажралувчи сувли аралашмаларда олиб борилган тажрибавий тадқиқот натижалар ҳамда улардан олинган натижалар таҳлили келтирилган. 6 ва 7 - расмларда ишқор галогенид қўшимчали 2,6-ДМП сувли эритманинг акустик, реологик ва автокорреляцион спектроскопияси масса улушлари 0,1 – 0,7 концентрацияларида фазавий диаграммаси келтирилган. Расмлардан кўринадики, сувли 2,6-ДМП эритмага ишқор галогенлар қўшилиши натижасида система фазавий диаграммаси симметриклиги бузилади ва NaBr нинг 1,5 % ва 3 % эга концентрацияларида пастки критик ажралиш нуқтаси 2,6-ДМПнинг катта концентрация соҳалари томон силжийди, критик температура эса камайади.



6-расм. 2,6-ДМП сувли эритманинг фазавий диаграммаси; 1 - соф эритма, 2 - 0,3%, 3 - 0,4%, 4 - 0,5% NaCl

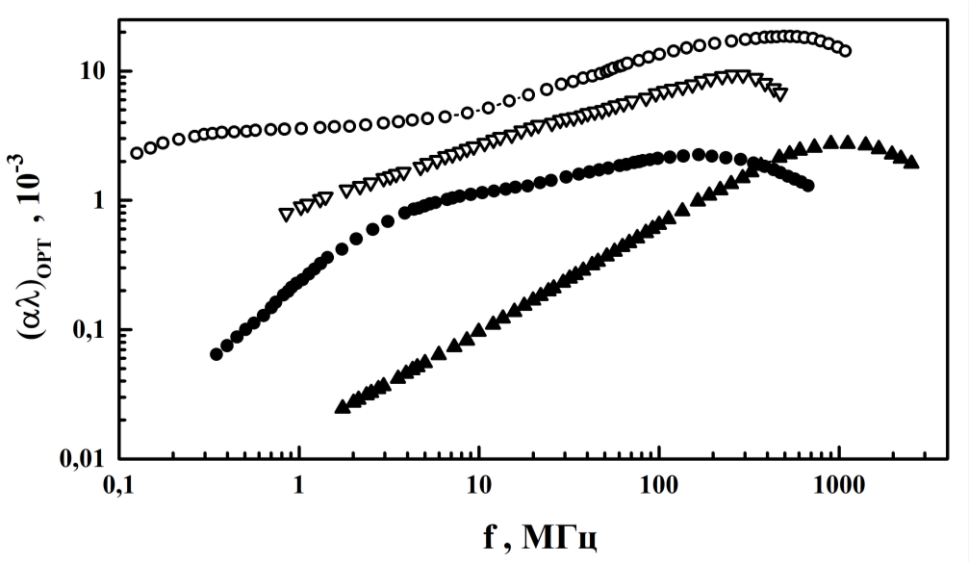


7-расм. 2,6-ДМП сувли эритманинг фазавий диаграммаси: 1 - соф эритма, 2 - 0,5%, 3 - 1,5%, 4 - 3 % NaBr

10-расмда критик ва нокритик таркибга эга 2,6-ДМП сувли эритмасида орттирма ультратовуш ютилиш коэффициентининг частотага боғлиқлик графиги келтирилган. Орттирма ультратовуш ютилиш коэффициентининг тўлқин узунлигига кўпайтмаси қуйидагича ифодаланади:

$$(\alpha\lambda)_{\text{орт}} = \alpha\lambda - B \qquad (3)$$

бу ерда λ – тўлқин узунлиги, B – ультратовуш ютилиш коэффициентининг частотага боғлиқ бўлмаган қисми. Расмдан кўриш мумкинки, нокритик таркибга эга 2,6-ДМП сувли эритманинг (8-расм; ●) ультратовуш ютилиш спектрида дискрет релаксация вақтига эга бўлган иккита ёрқин ифодаланган дебай релаксацион максимумлари кузатилган. Кичик частоталар интервалида ютилиш спектридаги дебай релаксацион ҳадларнинг релаксация вақтлари ёрдамида Эйринг муносабати орқали термодинамик катталик – энтальпия аниқланган. Энтальпиянинг аниқланган қиймати +5,5 ккал/моль га тенг. Кичик частотлар диапазонида тахланиш эффекти, яъни 2,6-ДМП молекулалари ҳалқалари орасидаги ковалент бўлмаган ўзаро таъсир жараёни мавжуд деган хулосага келинди. Юқори частотлар диапазонида ҳам уьлтратовуш ютилиш спектрининг дебай релаксацион ҳад мавжудлиги кузатилди (8-расм; ●) ва бу релаксацион жараённинг релаксация вақти наносекунддан ҳам кам эканлиги аниқланди. Бу эса нокритик таркибга эга сувли 2,6-ДМП эритмасида протонлар кўчиши билан боғлиқ (протолиз) жуда тез жараён содир бўлишини англатади. Критик таркибга эга 2,6-ДМП сувли эритмасида (8-расм; ∇) тахланиш эффекти жараёнини акс эттирувчи паст частотали дебай релаксацион ҳад йўқолади. Бироқ критик нуқта яқинида ультратовуш ютилишининг паст частотали дебай релаксацион ҳади яна пайдо бўлади ва орттирма ютилиш максимумининг кенглиги кенгайади, шунингдек, релаксация частотаси кичик частоталар соҳаси томон силжийди (8-расм; ○).



8-расм. Критик таркибга эга 2,6-ДМП- H_2O эритмада ультратов орттирма ютилиш коэффициентининг частотага боғлиқлиги: $\Delta T = T_c - T = 0{,}3\ K$ (○) , $\Delta T = 8{,}4\ K$ (∇) , NaOH билан (▲) ва T = 298 К температурада (●) нокритик таркибли 2,6-ДМП-H_2O эритма учун ($Y_{\text{2,6-ДМП}}$ = 0,148)

2,6-ДМП нинг сувли эритмасида критик нуқта яқинида пайдо бўлган молекулаларнинг тахланиш эффект ва протолиз жараёнлар критик локал концентрация флуктуациялар ўсиши ва ривожланишига тўсқинлик қилиши аниқланди.

Орттирма ультратовуш ютилиши абсолют қийматининг критик куқта яқинида ортишини қовушқоқликнинг ошиши орқали тушунтириш мумкин.

Қовушқоқлик ва диффузия коффициентлари қийматларидан фойдаланиб қовушқоқлик учун – y_η, ўзаро диффузия коэффициенти учун – ν^*, корреляция радиуси учун – ν, шунингдек, релаксация тезлиги учун – $\tilde{\nu}$ критик кўрсаткичлар қийматлари аниқланди (2-жадвал). Критик кўрсаткич универсал характерга эга, яъни суюқликларнинг хусусиятига боғлиқ бўлмаган катталик сифатида қабул қилинган эди. Сувли эритмага ишқор галогенлар қўшилганда критик кўрсатгич қийматлари ўзгариши аниқланди ва бу учунчи компонентнинг концентрациясига боғлиқ равишда сувли эритмаларнинг умумий ўзаро таъсир табиати ўзгаришини кўрсатади.

2-жадвал

Таркибида ишқорий галогенидлар мавжуд бўлган 2,6-ДМП сувли аралашмаларининг критик кўрсаткичлари y_η, ν^*, ν, Z_η, $\tilde{\nu}$ ва синдириш кўсаткичи n қийматлари

ИГ	$\mathbf{Y_{иг}}$	$\mathbf{Y_{2,6\text{-ДМП,с}}}$	**n**	y_η	ν^*	ν	Z_η	$\tilde{\nu}$	**pH**
	0	0,29	1,407	0,044	0,66	0,62	0,071	1,90	9,73
NaF	0,005	0,28	1,393	0,039	0,57	0,53	0,074	1,73	10,64
NaCl	0,003	0,30	1,391	0,045	0,6	0,55	0,082	1,92	9,49
	0,004	0,28	1,387	0,044	0,58	0,54	0,081	1,71	9,32
	0,005	0,28	1,381	0,042	0,53	0,49	0,086	1,76	9,44
NaBr	0,005	0,29	1,419	0,049	0,53	0,48	0,102	1,74	9,74
	0,1	0,28	1,389	0,053	0,52	0,47	0,113	1,79	9,23
	0,015	0,35	1,404	0,035	0,49	0,45	0,078	1,77	9,61
	0,03	0,38	1,390	0,029	0,48	0,45	0,064	1,74	9,65
NaI	0,005	0,29	1,389	0,052	0,60	0,55	0,095	1,85	10
	0,01	0,28	1,388	0,059	0,58	0,52	0,113	1,62	9,76
LiBr	0,01	0,28	1,389	0,043	0,58	0,54	0,080	2,07	9,63
KBr	0,01	0,28	1,389	0,044	0,61	0,57	0,078	1,82	9,36

ХУЛОСА

1. Сувли эритмаларда пастки критик ажралиш нуқтаси яқинида кичик 1 МГц ÷ 10 МГц частоталар соҳаларида критик ультратовушлар ютилишини ўлчаш имконини берувчи ультратовуш камераси йиғилди.

2. Бхаттачаржи – Феррелл назарий модели асосида ультратовушлар ютилишини систематик ўрганиш натижасида 2,6-ДМП сувли эритмаси учун кинетик параметрларнинг (релаксация вақти, динамик қовушқоқлик ва диффузия коэффициенти) температурага ва концентрацияга боғлиқлиги олинди.

3. Биринчи марта критик таркибга эга 2,6-ДМП сувли эритмасида паскти критик суюқлик-суюқлик ажралиш нуқтасида концентрация флуктуация-ларининг ривожланиши ҳамда ўсишига тўсқинлик қилувчи молекулаларнинг тахланиш эффекти ва протолиз факторлари мавжуд эканлиги аниқланди.

4. Критик таркибга эга 2,6-ДМП сувли эритмаси учун адиабатик боғловчи доимий $|g|$ нинг киймати, бошқа критик аралашмаларнинг адиабатик боғловчи доимий қиймати билан солиштирганда тахминан 15 марта кичик эканлиги ва бу заиф боғланиш 2,6-ДМП сувли эритманинг ультратовуш ютилиш спектрида критик ташкил этувчининг нисбатан унча катта бўлмаган улушига олиб келиши аниқланди.

5. Ультратовуш ютилиш коэффициенти орқали сувли эритмаларда критик нуқта яқинидаги критик жараёнларни тавсифлаш учун Бхаттачаржи – Феррелл назарий модели мос келиши топилди.

6. Ишқорий галогенидларнинг катта концентрацияларида ($Y_{ИГ} > 0{,}01$) корреляция узунлигининг критик кўрсаткичи ишқор галогенидлар концентрацияси ортиши билан ўзгармаслиги, эритмада ишқорий гаолгенидларнинг кичик кийматлардаги концентрацияларида эса ($Y_{ИГ} < 0{,}01$) корреляция узунлиги критик кўрсаткичининг барча қийматлари таркибида ишқор галогенид мавжуд бўлмаган 2,6-ДМП - H_2O аралашманинг критик кўрсаткичидан кичик эканлиги аниқланди. Корреляция узунлиги критик кўрчаткич қийматларининг бундай камайиши критик флуктуациялар сиқилишига олиб келиши асосланди.

НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.30.05.2018.FM/T.65.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ И ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ИНСТИТУТ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ И ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ЭГАМБЕРДИЕВ КАМОЛАДДИН БАХОДИРОВИЧ

КРИТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ВБЛИЗИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В СИСТЕМЕ 2,6-ДИМЕТИЛПИРИДИН – ВОДА С ЩЕЛОЧНЫМИ ГАЛОГЕНИДАМИ

01.04.03 – Молекулярная физика и теплофизика

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСИМ НАУКАМ

ТАШКЕНТ – 2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) по физико-математическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № B2017.3.PhD/FM128.

Диссертация выполнена в Институте ионно-плазменных и лазерных технологий.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице Научного совета по адресу www.iplt.uz и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу www.ziyonet.uz.

Научный руководитель:	**Мирзаев Сирожиддин Зайниевич** доктор физико-математических наук, профессор
Официальные оппоненты:	**Отажонов Шавкат** доктор физико-математических наук, профессор
	Клычев Шавкат Исхакович доктор технических наук, старший научный сотрудник
Ведущая организация:	**Самаркандский государственный университет**

Защита диссертации состоится «___»_____2019 г. в ___часов на заседании Научного совета DSc.30.05.2018.FM/T.65.01 при Институте ионно-плазменных и лазерных технологий по адресу: 100125, г.Ташкент, ул.Дурмон йули, 33. Тел./Факс: (+99871) 262-32-54, e-mail:info@iplt.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института ионно-плазменных и лазерных технологий (зарегистрирована за № ___), по адресу: 100125, г.Ташкент, ул.Дурмон йули, 33. Тел.: (+99871) 262-31-69.

Автореферат диссертации разослан «____» _____ 2019 года.

(реестр протокола рассылки _____ от «____»_____ 2019 года).

Х.Б. Ашуров
председатель Научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

Д.Т. Усманов
учёный секретарь Научного совета по присуждению учёных степеней, д.ф.-м.н., старший научный сотрудник

С.А. Бахрамов
председатель научного семинара при Научном совете по присуждению учёных степеней, д.ф.-м.н., профессор, академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время, во всем мире уделяется особое внимание решению фундаментальных и прикладных проблем, связанных с фазовыми переходами и критическими явлениями наблюдаемых в комплексных жидкостях, которые широко применяются в интенсивно развивающихся направлениях нанотехнологии, био-инженерии, медицины и фармацевтики. Получение многофункциональные супрамолекулярных структур, служить решения научных проблем позволяющие в медицине от целевой доставки лекарственных средств в живых организмах до возможности управления сложными нано устройствами. Периодические изменения давления и температуры в акустических полях, а также их влияние на флуктуации концентрации позволяют исследовать динамические критические явления. Изучение кинетики релаксационных процессов, связанных с возникновением, ростом и распадом спонтанным образом возникающих структур вблизи критических точек является актуальными задачами теплофизики и молекулярной физики многокомпонентных растворов.

На сегодняшний день в мире при изучении жидкого состояния вещества уделяется большое внимание исследованию кинетики сверх быстрых физических и химических процессов в жидкой фазе, имеющее весьма важное научное и практическое значение. В некоторых случаях ультразвуковые исследования оказываются единственным методом, позволяющим определить кинетические и термодинамические параметры процессов. Однако, для получения подробных научных данных о кинетике изучаемых процессов требуется изучение распространения акустических волн в достаточно широком диапазоне частот и температур. До сих пор эти исследования во многих случаях проводились в небольших частотных диапазонах и в узких пределах температур. Эти научные проблемы являются приоритетными для понимания механизма критических явлений в жидких растворах и создания общей картины критических явлений вблизи фазовых переходов второго рода в водном растворе.

В Республике Узбекистан в последнее время, усилилось внимание к актуальным направлениям в области науки, имеющим прикладное значение, в частности накоплению новых научных данных по структуре жидких систем и выявлению основных закономерностей образования структур, определению новых явлений связанных с существенным замедлением времени релаксации образования и распада молекулярных ассоциатов вблизи критической точки. Направления этих фундаментальных исследований и разработок, имеющих большое значение для развития науки нашей страны и их практического применения, отражены в Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы[1].

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 «О мерах по дальнейшей реализации Стратегии

[1] Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 07 февраля 2017 г.

действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах» от 7 февраля 2017 года и в Постановлении №ПП-2789 «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности Академии наук, организаций, управления и финансирования научно-исследовательской деятельности» от 17 февраля 2017 года, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертация выполнена в рамках приоритетных направлений развития науки и технологий Республики Узбекистан - .II. «Физика, астрономия, энергетика и машиностроение».

Степень изученности проблемы. Проведены ряд важнейших научных исследований в различных зарубежных научных центрах, в том числе были проведены исследовании по кинетике релаксационных процессов в водных растворах, исследованы акустические и реологические свойства водных растворов в окрестностях критических точек. Наиболее значительные результаты в указанной области были достигнуты зарубежными учеными, например, российскими (М.А.Анисимов, Ю.С.Манучаров, И.Г.Михайлов, М.И. Шахпаронов, А.З. Паташинский, Ю.П. Соловьев, М.Ф. Вукс), немецкими (Ф. Эггерс, У.Шрайбер, У.Каатце, Х. Вайнгартнер, В. Шроер, Х. Климаер), американскими (Х.Е. Стенли, Ж. Якобс, Ж.В. Сенгерс, К.Ж. Вилсон, К.Д. Коллинс, Р.А. Феррелл), японскими (К. Кавасаки, К. Хумано, И. Митсушима, К. Кубота, Х. Танака, О. Онуки), индийскими (Ж.К. Бхаттачаржи, А. Кумар, Р. Чандрасекхар, Н. Нарайан) и учеными нашей страны (П.К.Хабибуллаев, С.З.Мирзаев, М.Г.Халиулин).

Результаты этих исследований очень важны для создания новой теории по описанию механизмов поглощения ультразвука вблизи фазовых переходов, определения термодинамических свойств растворов вблизи критических точек, управлению скоростями химических релаксаций и оптимизации процессов по получению наноструктурных материалов.

Известно, что общей чертой всех фазовых переходов второго рода, является взаимодействие между собой аномально растущих флуктуаций, приводящих к универсальности поведения систем с различной микроскопической природой взаимодействия и к сингулярности физических свойств вблизи точек фазовых переходов. Результаты флуктуационной теории кинетических свойств зачастую не согласуются с последними экспериментальными данными. Первым шагом на пути к их согласованию явилось бы получение универсального уравнения, описывающего кинетику флуктуаций параметров порядка в различных системах, и получению на основе его решения результатов флуктуационной теории более строгим путем.

В Узбекистане в последние годы, к исследованиям в вышесказанном направлении уделяется особое внимание. В частности, на основе результатов исследований проведенных профессором С.З. Мирзаева выявлено новое явление - существенное замедление времени релаксационных процессов в разных водных смесях. На настоящее время исследований критических явлений в водных смесях при добавлении щелочных галогенидов и кинетики межмолекулярных

взаимодействий в широком диапазоне частот проводилось не много, и они не в достаточной степени изучены. Подобные исследования имеют решающее значение при определении свойств жидкостей вблизи критических точек.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертационная работа. Работа выполнена по плану научно-исследовательских работ Института ионно-плазменных и лазерных технологий Академии наук Республики Узбекистан в рамках фундаментальных научных проектов: ОТ-Ф2-42 «Явления переноса и фазовые переходы в наножидкостях» (2017-2020) и МУ-Ф3-2017101937 «Исследование процессов химической релаксации в нанофлюиди с помощью динамического рассеяния света и акустической спектроскопии» (2018-2019).

Целью исследования является определение акустических, реологических, динамических, а также кинетических параметров водных растворов в окрестности фазовых переходов второго рода и поведения релаксационных процессов.

Задачи исследования:

исследование фазовых диаграмм жидкость – жидкость и влияние щелочных галогенидов на симметричность фазовой диаграммы;

разработка экспериментальной установки для измерения поглощения ультразвука в водных растворах в окрестности нижней критической точки расслаивания в низкочастотном интервале;

определение критических показателей, исследование акустического спектра поглощения ультразвука и анализ в рамках существующих теорий;

определение кинетических параметров релаксационных процессов;

определение величины адиабатической связывающей константы для критической системы и сравнение её с другими водными растворами, имеющими критический состав;

получение температурных и концентрационных зависимостей кинетических параметров для водного раствора с помощью теоретической модели Бхаттачаржи – Феррелл.

Объектом исследования являются водные растворы 2,6 - диметилпиридина (2,6-ДМП, $(CH_3)_2C_5H_3N$) с щелочными галогенидами (NaCl, NaBr, NaF, NaI, NaOH, LiBr, KBr).

Предметом исследования являлись процессы межмолекулярных взаимодействий в жидких системах, критических явлений в окрестности критической точке расслаивания жидкость-жидкость и релаксационных процессов в водном растворе.

Методы исследования. Методы акустической спектроскопии, реология, динамическая рассеяния света, высокоточная денситометрия, рефрактометрия и потенциометрия.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определено уменьшение критического показателя длины корреляции при добавлении малых концентрации щелочных галогенидов в водную смесь 2,6-диметилпиридина и такое уменьшение выявлено подавлением критических флуктуаций;

обнаружено, что в результате изучения релаксационных максимумов, наблюдаемых при 300 кГц и 700 МГц в спектре поглощения ультразвука в водные смеси 2,6-диметилпиридина вблизи критической точке, кроме флуктуаций концентрации, существуют процессы эффекта упаковки молекул 2,6-диметилпиридина и протолиза связанных с перемещением протонов;

определено соответствие зависимости функции масштабирования от приведенной частоты ультразвука, полученной путем экспериментального исследования, с приведенными результатами теории Бхаттачаржи – Феррелл и доказано, что данная теория подходит для описания критических явлений;

установлено существование малой доли критической составляющей в спектрах поглощения ультразвука, с помощью адиабатической связывающей константы, которая определена на основе амплитуды коэффициента поглощения и скорости ультразвука, также удельной теплоемкости водной смеси критического состава.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана ультразвуковая камера, с объемом 5 раз меньше относительно существующих резонаторных камер, предназначенных для исследования биологических объектов с помощью определения акустических параметров в низкочастотной области и при широком диапазоне температур;

показано эффективное применение теории динамического масштабирования при исследования сложных критических явлений в жидких системах на основе результатов теплофизических, оптических и акустических свойств в расслаивающих водных смесях вблизи критической точки.

Достоверность результатов исследования обеспечена использованием таких современных экспериментальных методов, как динамическое рассеяние света, акустическая спектроскопия, реометрия и денситометрия. Особое внимание обращалось на воспроизводимость исследований, повторяемость результатов измерений, а также на сопоставление оригинальных результатов исследования автора с данными, имеющихся в научной литературе.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов диссертационного исследования заключается в том, что результаты исследований расслаивающихся систем при изучении кинетики и механизмов молекулярных процессов фазовых переходов имеют важные значения. Подробный анализ результатов заключается в том, что экспериментально полученные акустические и реологические параметры исследованных объектов, могут применяться при создании современной теории жидкого состояния.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что результаты исследования по акустическим данным кинетических параметров могут применяться в аналитической химии и для объяснения механизма релаксационных процессов в водном растворе.

Внедрение результатов исследований. На основе результатов исследования критических явлений вблизи фазовых переходов в водном смесей 2,6-диметилпиридина со щелочными галогенидами:

полученные научные результаты зависимости удельная теплоемкости от температуры вблизи температуры фазового перехода в водном растворе и по кинетическим параметрам релаксационных процессов использованы в выборе оптимальный концентрации для повышения эффективности теплопереноса в проекте 213-95320 UZB-BFDK15004A: «Расчет и моделирование солнечно-тепловой комбинированной электростанции на примере Узбекистана» (справка 2/1255-2047 Академия наук Республики Узбекистан от 25 июля 2019 года). Использование научных результатов позволило предотвратить процессы фазового изменения жидкостей в теплосберегаюших системах и повышения эффективности работы солнечных тепловых установок;

полученные результаты зависимости вязкости водного смеси 2,6-диметилпиридина от температуры вблизи критической точки и коэффициента диффузии, измеренным с высокой точностью в широком интервале температур, использовались при определении тепловых и кинетических параметров в проекте М/Узб-КНР-19/2015: «Исследование теплофизических свойств наножидкостных теплоносителей и их влияние на теплотехнические характеристики низкопотенциальных солнечных установок» (справка 2/1255-2047 Академия наук Республики Узбекистан от 25 июля 2019 года). Применение научных результатов позволило измерить с высокой точностью важные параметры тепловых свойств солнечных тепловых установок.

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на 5 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях. Кроме того, материалы диссертации докладывались на научных семинарах Третьего физического института Гёттингенского Университета (Германия).

Опубликованность результатов исследований. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 16 научных трудах, в том числе в 5 научных статьях, опубликованных в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертационных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Объем диссертации содержит 123 страницы, включая 38 рисунков и 6 таблиц и список цитируемой литературы из 116 наименований.

ОСНОВНЫЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, определена связь исследований с основными приоритетными направлениями развития науки и технологии в республике, приведены обзор международных научных исследований по теме диссертации, степень изученности проблемы, сформулированы цели и задачи, выявлены объекты, предметы и методы исследования, изложена научная новизна исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта их теоретическая

и практическая значимость, приведены краткие сведения о внедрении результатов и апробации работы, а также об объеме и структуре диссертации.

В первой главе под названием **«Обзор экспериментальных и теоретических работ по исследованию свойств жидкостей с критической точкой расслаивания»** приведен обзор экспериментальных и теоретических работ по исследованию акустических и реологических свойств жидкостей с критической точкой расслаивания. Исходя из приведенного литературного обзора сформулированы основные задачи диссертации.

Во второй главе диссертации, которая называется **«Экспериментальные методы исследования физико-химических и акустических свойств расслаивающихся жидкостей»,** описаны экспериментальные установки и методики измерения амплитудного коэффициента поглощения ультразвука, динамической вязкости и коэффициента взаимной диффузии. Метод акустической спектроскопии является одним из наиболее информативных методов исследования релаксационных процессов, протекающих в жидких системах. Измерение поглощения и скорости ультразвука в диапазоне частот от 0,1 до 20 МГц было проведено резонаторным методом, он основан на использовании параметров стоячих звуковых волн в цилиндрическом резонаторе и позволяет определять скорость и относительное поглощение звука в жидкости по частоте и ширине характеристических резонансных пиков. Блок-схема экспериментальной установки приведена на рис. 1.

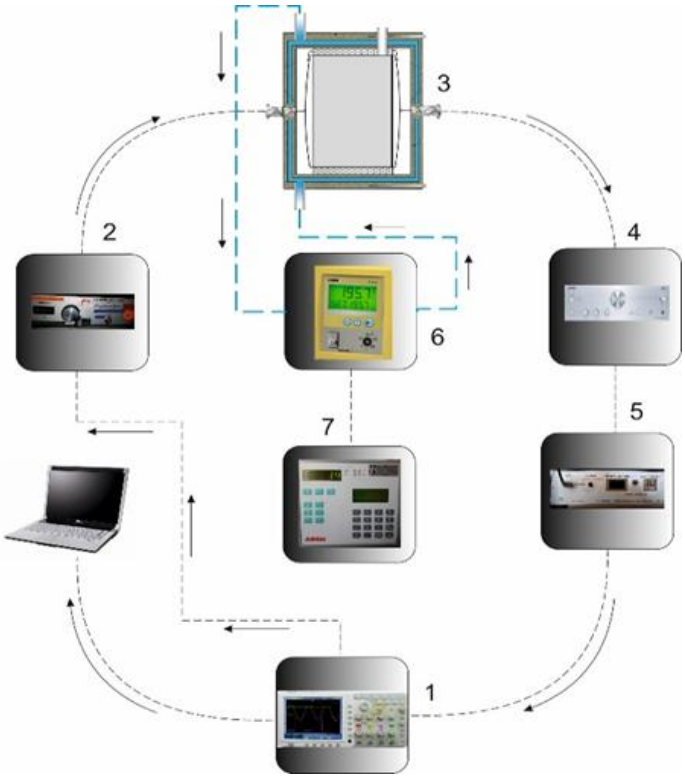


Рис.1. Блок схема установки для измерений акустических параметров жидкостей

Возбуждаемый пьезопреобразователь (пьезокварц *x* среза) подключен к анализатору 1, у которого имеется возможность плавной перестройки частоты. При некоторых частотах генератора, соответствующих характеристическим

частотам резонатора f_n, в системе возникают стоячие волны. На этих частотах на электродах приемного пьезопреобразователя получаются четкие пики напряжения, которые после усиления настраиваемым усилителем 4 можно измерять или наблюдать на экране анализатора HP E5100B. Для измерений поглощения ультразвука в диапазоне частот от 20 МГц до 1000 МГц использовался стандартный импульсный метод. Пьезопластины были выполнены из пьезокварца повернутого *y*-среза и имели собственную резонансную частоту 7 МГц и диаметр 10 мм. В качестве возбудителя и приемника ультразвука использовался анализатор HP E5100B.

Кинематические вязкости образцов были измерены с помощью стеклянного капиллярного вискозиметра Уббелоде. Вискозиметр Уббелоде является стеклянным сосудом *U*-образной формы. Капиллярный вискозиметр был погружен в термостат с жидкостью, циркулирующей в стеклянном цилиндре, который, в свою очередь, был помещен в термостатическую оболочку. Температура образцов контролировалась с точностью ± 0,02 К. Температуру измеряли Pt-100 и NTC термометрами.

Коэффициенты диффузии смесей критического состава были определены с помощью метода динамического рассеяния света - фотонной корреляционной спектроскопии (ФКС), приведена на рис. 2.



Рис. 2. Схема фотонного корреляционного спектрометра ALV 5000/E

Сущность метода состоит в том, что свет, рассеянный исследуемым участком образца, направляется на фотокатод квадратичного по полю фотоприемника. На катоде возникают биения между различными частотными компонентами спектра падающего света. В жидкости всегда существует тепловое броуновское движение взвешенных дисперсных частиц. Основные идеи метода ФКС заключаются в следующем: броуновское движение дисперсных частиц или макромолекул в жидкости приводит к флуктуациям

локальной концентрации частиц. Результатом этого являются локальные неоднородности показателя преломления и, соответственно, флуктуации интенсивности рассеянного света при прохождении лазерного луча через такую среду. Коэффициент диффузии частиц обратно пропорционален характерному времени релаксации флуктуаций интенсивности рассеянного света. Это характерное время в свою очередь, есть время затухания экспоненциальной временной корреляционной функции рассеянного света, которая измеряется с помощью цифрового коррелятора.

Автокорреляционная функция рассеянного света при каждом выбранном угле рассеяния была определена с помощью коммерческой цифровой корреляционной карты. Эта 288 канальная карта позволила измерить истинные времена с характеристическим временным масштабом между $2 \cdot 10^{-7}$ с и $3{,}4 \cdot 10^{3}$ с. Мы использовали источник света с длиной волны 532 нм и обычную установку для достижения высокой пространственной разрешающей способности, для исключения флуоресцентного свечения из детектирования, а также для избежания вкладов ориентационной корреляции в жидкости.

В третьей главе **«Экспериментальные исследования акустических и реологических свойств водного раствора 2,6-диметилпиридина»** приведены результаты экспериментального исследования методом акустической спектроскопии, реологии и автокорреляционной спектроскопии расслаивающихся водных растворов в окрестности критических температур и проанализированы полученные данные. На рис. 3 представлена фазовая диаграмма системы при концентрации 0,1 – 0,5 массовых долей 2,6-ДМП. Для исследования фазовой диаграммы системы 2,6-ДМП-вода мы использовали термостаты LAUDA и высокоточные PT-100, Julabo и NTC термометры, а также Hg-термометры.

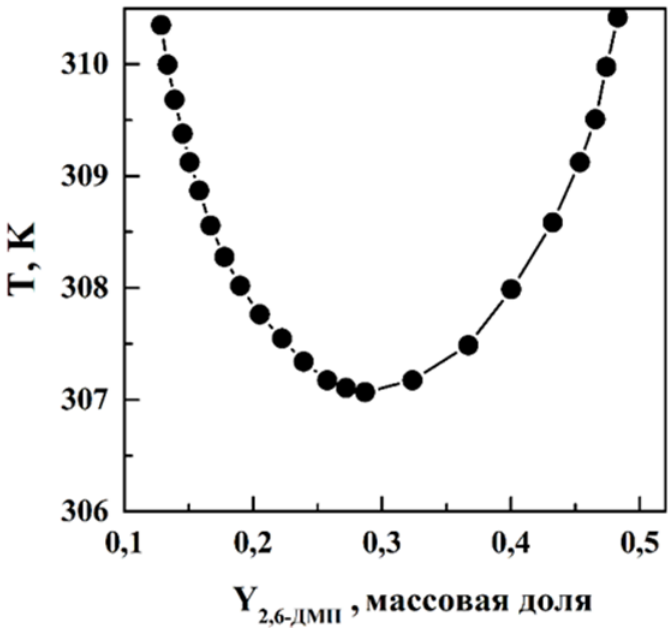


Рис. 3. Фазовая диаграмма водных растворов 2,6-ДМП

Первоначально прозрачная жидкость, по мере приближения температуры смеси к критической точке, мутнеет. Затем жидкость начинает делиться на две

фазы разных объемов. Когда температура смеси достигает критической точки, смесь становится разделенной на две фазы равного объема. Обнаружение новой фазы проводилось визуально по появлению в растворе границы раздела жидкость-жидкость, при этом пользовался критерий равного объема. Именно в этот момент фиксировалась критическая температура. Из рисунка 3 видно, что температура расслаивания сильно зависит от концентрации 2,6-ДМП, и при концентрации 2,6-ДМП $Y_{2,6-\text{ДМП}} = 0{,}29$, достигает своего минимума НКТР $\mathrm{T_c} = 307{,}05\ K$. Эта температура называется температура НКТР.

На рис. 4 показаны частотно-нормированные спектры поглощения ультразвука смеси критического состава 2,6-ДМП - H_2O при 298 К и критической температуре T_c. В исследованном диапазоне частот в обоих спектрах наблюдается уменьшение поглощения с увеличением частоты, которое может быть связано с релаксациоными процессами. На высоких частотах спектры поглощения согласуются друг с другом при разных температурах, при этом, данные α/f^2 в нижней части диапазона измерения существенно больше при T_c, чем при 298 К. Эта особенность характерна для спектров поглощения ультразвука, в которых имеется вклад от критических локальных флуктуаций концентрации. Для анализа спектров поглощения использовался нелинейный регрессионный метод наименьших квадратов, который минимизирует приведённую переменную.

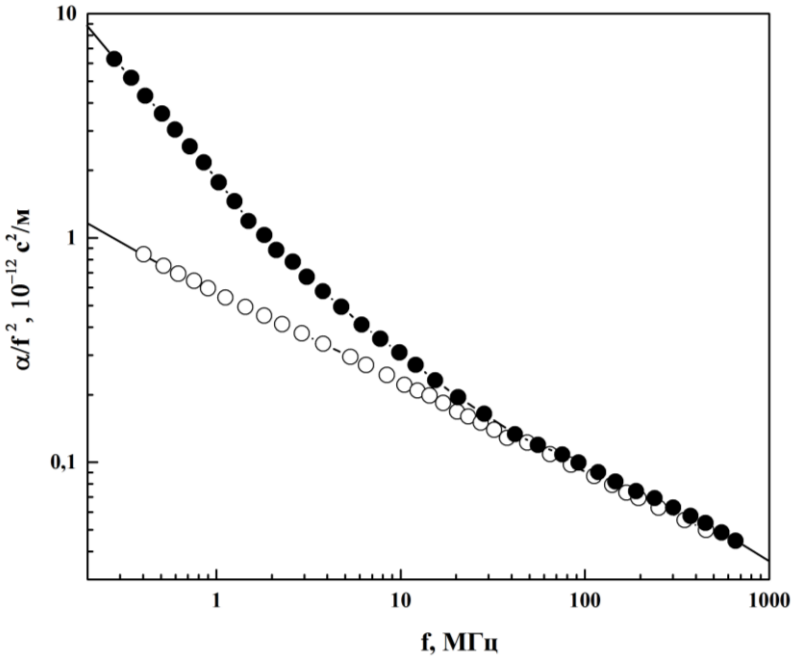


Рис. 4. Частотно-нормированные спектры поглощения ультразвука смеси 2,6-ДМП - H_2O при 298 К (○) и T_c (●)

Параметры некритических вкладов в спектры поглошения ультрзвука при изменении $(T - T_c)$ приведены в таблице 1. Видно, что вблизи критической точки и время релаксации τ_1 значительно увеличивается. Уменьшение параметра B при приближении к критической точке T_c, по-видимому, отражает зависимость высокочастотной части спектра поглощения ультразвука от

вязкости. При критической температуре частотно-нормированное поглощение ультразвуковой волны определяется по теории Бхаттачарджи-Феррелла. Значение критического показателя $\delta = \alpha_0/(Z_0\tilde{\nu})$, с удельным тепловым критическим показателем $\alpha_0 = 0{,}11$, составляет всего 0,06. При этом полученные нами значения α/f^2 в спектре поглощения вблизи критической температуры расположены на прямой с наклоном $S = (3{,}97 \pm 0{,}01) \cdot 10^{-6}$ с$^{-0{,}94}$ м$^{-1}$. Этот наклон использован для получения величины адиабатической связывающейся константы $|g|$ в теоретической модели Бхаттачарджи-Феррелла, согласно соотношению

$$|g| = \frac{C_{pb}}{\pi}\left[\frac{2T_c\alpha_0 S}{\delta A^+ u(T_c)}\right]^{1/2}\left[\frac{2\pi}{\Omega_{1/2}\Gamma_0}\right]^{\delta/2} \quad (1)$$

Здесь C_{pb} и A^+/α_0 - фоновая часть и амплитуда сингулярной части, соответственно, C_p - теплоемкость при постоянном давлении, которая определяется следующей формулой:

$$C_p = \frac{A^+}{\alpha_0}\varepsilon^{-\alpha_0} + C_{pb} \quad (2)$$

Таблица 1

Акустических параметры в ультразвуковых спектрах поглощения 2,6-ДМП - H_2O критического состава

T - T_c, К	$A \pm 0{,}4$ (10^{-3})	$\tau_1 \pm 0{,}1$ (нс)	$B \pm 1$ (пс)
8,4	9,6	79,6	70,3
2,4	9,6	106,1	70,4
1,4	8,4	132,8	65,8
0,8	9,6	158,4	63,5
0,2	12,1	201,7	62
0,02	12,1	530,5	62

Используя значения $A^+/\alpha_0 = 0{,}26$ Дж/(г$\cdot K$), $C_{pb} = 3{,}46$ Дж/(г$\cdot K$), $u_s(T_c) = 1567$ м/с, из наших измерений теплоемкости и скорости ультразвуковых волн, нами получено значение $|g| = 0{,}17$. Величина адиабатической связывающей константы критической системы 2,6-ДМП - H_2O очень мала по сравнению с другими критическими смесями полярных составляющих, например $|g| = 2{,}1$ для смеси изомасляная кислота - вода и $|g| = 1{,}3$ для смеси нитрат этиламония – н-октанол. Эта слабая связь, возможно, и приводит к сравнительно небольшому вкладу критической составляющей в спектр ультразвукового поглощения 2,6-ДМП - H_2O.

Некритический дебаевский релаксационный вклад в спектре поглощения ультразвука для смеси критического состава, отражает равновесие реакций протолиза $2{,}6-\text{ДМП} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrows (2{,}6-\text{ДМП})\text{H}^+ + \text{OH}^-$.

Этот вклад также существует в спектре поглощения ультразвука для смеси некритического состава при 298 К, показанном на Рис. 5 (пунктирные линии – вклад дебаевских релаксационных членов).

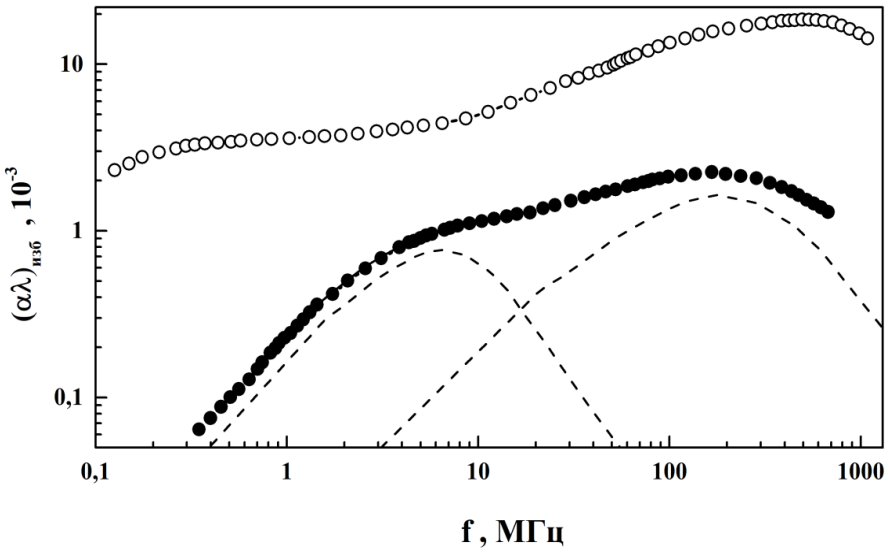


Рис. 5. Избыточное поглощение ультразвука для смеси 2,6-ДМП - H_2O при T_c-T=0,3 К (○), $Y_{2,6\text{-ДМП}}$=0,148 при 298 К (●)

В четвертой главе, которая названа «**Экспериментальные исследования акустических и реологических свойств водного раствора 2,6-диметилпиридина с добавкой щелочных галогенидов»** приведены результаты экспериментального исследования методами акустической спектроскопии, реологии и автокорреляционной спектроскопии расслаивающихся водных растворов с добавлением небольшого количество щелочных галогенидов в окрестностях критических температур и проанализированы полученные результаты. На рис. 6 и рис. 7 представлены кривые сосуществования водного раствора 2,6-ДМП при концентрации 0,1 – 0,7 массовая доля 2,6-ДМП в широкой температурной области с добавкой щелочных галогенидов. Из рисунков видно, что с добавлением соли в водный раствор 2,6-ДМП симметричность фазовой диаграммы системы нарушается и при концентрации 1,5 % и 3 % NaBr НКТР сдвигается в область больших концентраций 2,6-ДМП, а критическая температура уменьшается.

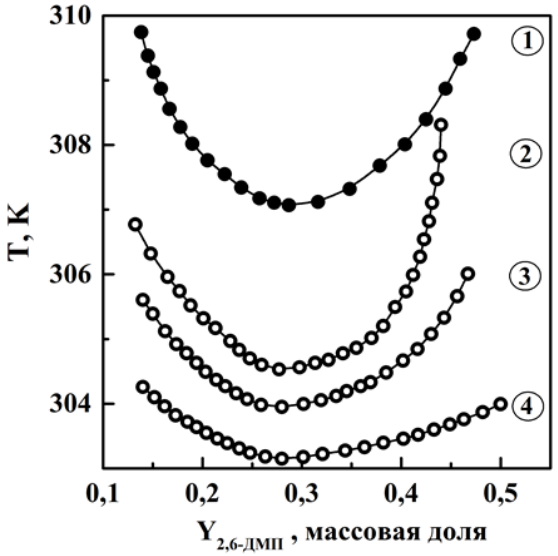


Рис. 6. Фазовая диаграмма водных растворов 2,6-ДМП : 1 - без NaC, 2 - 0,3%, 3 - 0,4%, 4 - 0,5% NaC

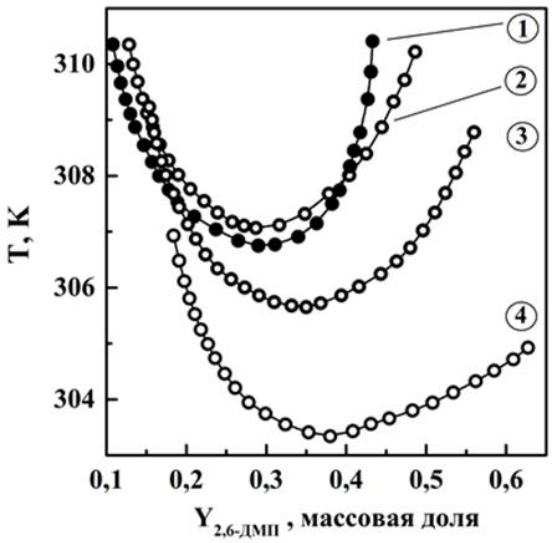


Рис. 7. Фазовая диаграмма водных растворов 2,6-ДМП: 1 - без NaBr, 2 - 0,5%, 3 - 1,5%, 4 - 3% NaBr

На рис. 8 представлена график зависимости коэффициент избыточного поглощения ультразвука от частота водного раствора 2,6-ДМП критического и некритического состава. Произведение избыточного поглощения на длину волны определяется соотношением

$$(\alpha\lambda)_{\text{изб}} = \alpha\lambda - Bf \qquad (3)$$

где λ – длина волна, B – частотного независящего часть коэффициент избыточного поглощения ультразвука. Как видно из рисунка была наблюдена два ярко выраженных дебаевских релаксационных максимумов в спектре поглощения водного раствора 2,6-ДМП некритического состава (рис.8;●), которые имеют дискретное время релаксации. С помощью времени релаксации дебаевских релаксационных вкладов в коэффициент поглощения ультразвука в диапазоне низких частот определена термодинамическая величина энтальпии посредством соотношения Эйринга. Определенное значение энтальпии равно +5,5 ккал/моль. Сделан вывод о том, что в низкочастотном диапазоне происходит эффект упаковки, т.е. не ковалентные взаимодействия между кольцами молекулы диметилпиридина. В высокочастотным диапазоны наблюдена дебаевский релаксационный вклад поглощения ультразвука (рис.8;●) и время релаксация этого релаксационными процессами меньше чем наносекунда.

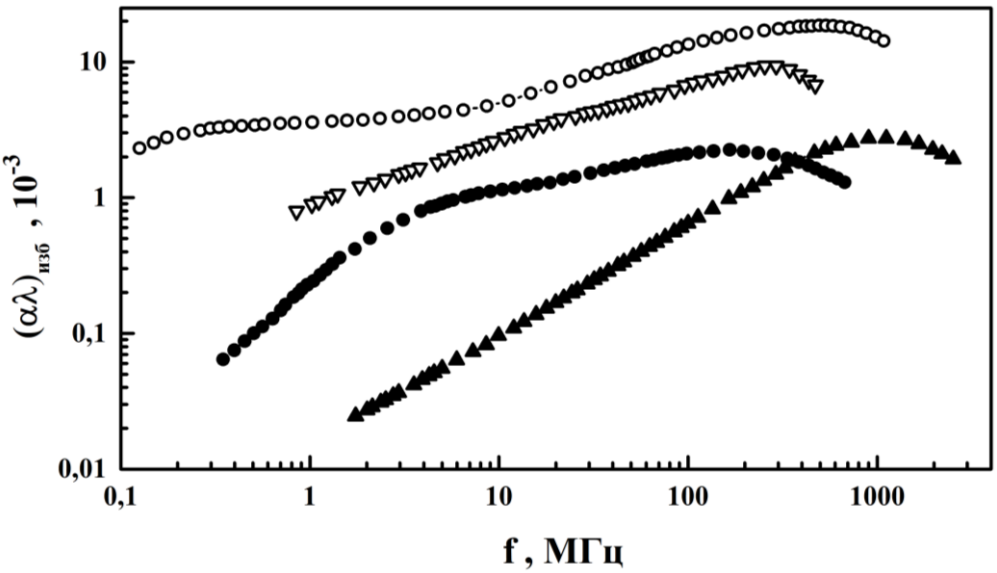


Рис. 8. Частотная зависимость избыточного поглощения ультразвука на длину волны в 2,6-ДМП-H_2O критического состава при $\Delta T = T_c - T = 0{,}3\ K$ (○) , при $\Delta T = 8{,}4\ K$ (∇) , с NaOH (▲) при Т=298 К и для 2,6-ДМП-H_2O некритического состава ($Y_{2,6\text{-ДМП}}$ = 0,148) при Т = 298 К (●)

Это означает что, в растворе диметилпиридин - вода некритического состава происходит очень быстрых процесс связанного с переносами протоны. В водном растворе диметилпиридина критического состава (рис.8; ∇) низкочастотный дебаевский релаксационнқй вклад исчезает, который отражает эффект упаковки. Однако в окрестности критической точке опять появляется низкочастотный дебаевский релаксационный вклад поглощения ультразвука и видно, что ширина максимума избыточного поглощения расширяется, а также

частота релаксация сдвигается в области меньших частотах (рис.8; ○). Определено, что возникшие процессы эффект упаковки и протолиза в водных раствора диметилпиридина в окрестности критической точке препятствует рост критических локальных флуктуации концентрации. Повышения абсолютные значения избыточного поглощения ультразвука вблизи критической точки можно объяснить с увеличения вязкости (рис.8; ○).

Используя данные о вязкости и коэффициенты диффузии, нами были определены критические показатели для вязкости y_η, критический показатель для коэффициент взаимной диффузии ν^* и критический показатель для радиус корреляции ν, а также критический показатель для скорость релакасации $\tilde{\nu}$ водного расвтора 2,6-ДМП без и со щелочными галогенидами и эти значении приведены в таблице 2. Критический показатель принимался за постоянную величину имеющую универсальный характер для всех жидких систем, т.е. не зависящим от свойств жидкостей.

Было определено, что критические показатели изменяется при добавлении щелочных галогенидов в водные растворы, и это показывает, что общий характер взаимодействия водных растворов изменяется в зависимости от концентрации третьего компонента.

Таблица 2

Критические показатели y_η, ν^*, ν, Z_η, $\tilde{\nu}$ и показатель преломления *n* водных растворов 2,6-ДМП со щелочными галогенидами

ЩГ	$\mathbf{Y_{ЩГ}}$	$\mathbf{Y_{2,6\text{-ДМП,с}}}$	**n**	y_η	ν^*	ν	Z_η	$\tilde{\nu}$	**pH**
	0	0,29	1,407	0,044	0,66	0,62	0,071	1,9	9,73
NaF	0,005	0,28	1,393	0,039	0,57	0,53	0,074	1,73	10,64
NaCl	0,003	0,3	1,391	0,045	0,60	0,55	0,082	1,92	9,49
	0,004	0,28	1,387	0,044	0,58	0,54	0,081	1,71	9,32
	0,005	0,28	1,381	0,042	0,53	0,49	0,086	1,76	9,44
NaBr	0,005	0,29	1,419	0,049	0,53	0,48	0,102	1,74	9,74
	0,1	0,28	1,389	0,053	0,52	0,47	0,113	1,79	9,23
	0,015	0,35	1,404	0,035	0,49	0,45	0,078	1,77	9,61
	0,03	0,38	1,39	0,029	0,48	0,45	0,064	1,74	9,65
NaI	0,005	0,29	1,389	0,052	0,6	0,55	0,095	1,85	10
	0,01	0,28	1,388	0,059	0,58	0,52	0,113	1,62	9,76
LiBr	0,01	0,28	1,389	0,043	0,58	0,54	0,080	2,07	9,63
KBr	0,01	0,28	1,389	0,044	0,61	0,57	0,078	1,82	9,36

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Собрана новая ультразвуковая камера, которая позволила измерить критическое поглощение ультразвука вблизи нижней критической точки расслаивания в водных растворах в низкочастотной области 1 МГц ÷ 10 МГц.

2. Получены температурные и концентрационные зависимости кинетических параметров (времена релаксации, динамическая вязкость и коэффициент диффузии) для водного раствора 2,6-ДМП в результате систематического изучения поглощения ультразвука на основе теоретической модели Бхаттачаржи - Феррела.

3. Впервые определено, что в водном растворе 2,6-ДМП критическая состава в окрестности нижней критической точке расслаивания жидкость-жидкость, существует факторы эффект упаковки и протолиз, которые препятствуют образованию и дальнейшему росту флуктуации концентрации.

4. Установлено, что значение адиабатической связывающей константы $|g|$ для водного раствора 2,6-ДМП с критическим составом, примерно 15 раз меньше по сравнению со связывающей константой для других критических смесей. Эта слабая связь приводит к сравнительно небольшому вкладу критической составляющей в спектр ультразвукового поглощения водного раствора 2,6-ДМП.

5. Доказано соответствие модели теории Бхаттачаржи – Феррела для описания критических процессов вблизи критической точки в водных растворах с помощью коэффициента поглощения ультразвука.

6. Показано, что при больших концентрациях щелочных галогенидов ($Y_{\text{щг}} > 0{,}01$) критический показатель длины корреляции практически не изменяется от увеличения концентрации щелочных галогенидов, а при небольшом содержании щелочных галогенидов ($Y_{\text{щг}} < 0{,}01$) все значения критических показателей длины корреляции в растворах меньше, чем в смеси 2,6-ДМП - H_2O без содержания солей. Такое уменьшение критических показателей корреляционной длины указывает на подавление критических флуктуаций.

SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES DSc.30.05.2018.FM/T.65.01 INSTITUTE OF ION-PLASMA AND LASER TECHNOLOGIES

INSTITUTE OF ION-PLASMA AND LASER TECHNOLOGIES

EGAMBERDIEV KAMOLADDIN BAKHODIROVICH

CRITICAL PHENOMENA NEAR PHASE TRANSITION IN 2,6 - DIMETHYLPYRIDINE – WATER SYSTEM WITH ALKALI HALIDES

01.04.03 – Molecular physics and heat physics

ABSTRACT OF DISSERTATION OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

TASHKENT – 2019

The subject of PhD dissertation is registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of Republic of Uzbekistan under number B2017.3.PhD/FM128.

Dissertation has been prepared at the Institute of Ion-Plasma and Laser Technologies.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) has been posted on the website of the Scientific Council (www.iplt.uz) and on Information-educational portal «ZiyoNet» (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:	**Mirzaev Sirojiddin Zaynievich** Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor
Official opponents:	**Otajonov Shavkat** Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor
	Klichev Shavkat Isxakovich Doctor of Technical Sciences, senior researcher
Leading organization:	**Samarkand State University**

The defense will take place on «___» _____2019 at _____ at the meeting of the Scientific Council number DSc.30.05.2018.FM/T.65.01 at Institute of Ion-Plasma and Laser Technologies (Address: 100125, Uzbekistan, Tashkent, 33 Durmon yuli street. Phone/fax: (+99871) 262-32-54, e-mail: info@iplt.uz).

The PhD dissertation is can be looked through in the Information-Resource Centre of the Institute of Ion-Plasma and Laser Technologies (is registered № ___) (Address: 100125, 33, Durmon yuli str., Tashkent, Uzbekistan. Phone: (+99871) 262-31-69).

The abstract of the dissertation is sent out on «___» _____ 2019.

(Mailing report № _____on «___» _____ 2019).

Kh.B. Ashurov
Chairman of scientific council on award of scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

D.T. Usmanov
Scientific secretary of scientific council on award of scientific degrees, doctor of physical and mathematical sciences, senior researcher

S.A. Bakhramov
Chairman of scientific seminar under scientific council on award of scientific degrees, doctor of physical and mathematical sciences, professor, academic

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

Topicality and necessity of the thesis. Currently, all over the world, the fundamental problems associated with critical phenomena and phase transitions in complex liquids are of actual and topical now because they are widely used in new developing directions of nanotechnologies, bioengineering, medicine and pharmaceutics. The medium-modifying compounds are involved in the interaction processes; these compounds are included in the functional supramolecular structures and allow a wide range of problems to be solved: from purposeful delivery of drugs to control of complex nano-devices.

The study of the kinetics of relaxation processes associated with the emergence, growth, and decay of spontaneously arising structures near the critical points is one of the most important objectives of thermal physics and molecular physics of multicomponent solutions.

The aim of the research work is to define the acoustic, rheological and dynamic, as well as kinetic parameters of aqueous solutions in the vicinity of second-order phase transitions and the behavior of relaxation processes.

The objects of research work is the liquid solution of 2,6-dimethylpyridine (2,6-DMP) with alkaline halides (NaCl, NaBr, NaF, NaI, NaOH, LiBr, KBr).

The scientific novelty of the research consists of the following.

It has been found that a decrease in the critical exponent of the correlation length when small concentrations of alkaline halides were added to the aqueous mixture of 2,6-dimethylpyridine and such a decrease was revealed by the suppression of critical fluctuations;

It was found that, as a result of studying the relaxation maxima observed at 300 kHz and 700 MHz in the absorption spectrum of ultrasound in aqueous mixtures of 2,6-dimethylpyridine near the critical point, in addition to concentration fluctuations, there are processes of the effect of stacking of 2,6-dimethylpyridine molecules and protolysis associated with the movement of protons;

It has been found that the correspondence of the dependence of the scaling function on the reduced frequency of ultrasound obtained by an experimental study with the results of the Bhattacharjee-Ferrell theory is determined and it is proved that this theory is suitable for describing critical phenomena;

It was found that a small fraction of the critical component in the absorption spectra of ultrasound exists using an adiabatic coupling constant, which is determined on the basis of the amplitude of the absorption coefficient and the speed of ultrasound, as well as the specific heat capacity of the critical water mixture.

Implementation of the research results. The results of studying the critical phenomena near the phase transitions liquid-liquid in the system of 2,6-dimethylpyridine–H_2O with alkaline halogenides have been used as follows:

the results of the experimental studies of the dependence of specific heat capacity on temperature near the temperature phase transitions in aqueous solutions and the scientific results of the studies of the kinetic parameters to be selected in order to increase the efficiency of heat transfer in liquids have been applied for implementation of Project No. 213-95320 UZB-BFDK15004A «Calculation and

simulation of a solar thermal electric power station on the example of Uzbekistan» (Certificate of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan No. 2/1255-2047 of 25 July 2019). The use of the scientific results has served preventing the processes of phase transitions in heat-saving systems and for an increase in the efficiency of solar thermal cells;

the results of the dependence of viscosity on temperature of an aqueous mixture of 2,6-dimethylpyridine with alkaline halides near the critical point and the diffusion coefficient measured with high accuracy within the wide range of temperature have been used to define the thermo and kinetic parameters for implementation of Project No. M/UZ-CPR-19/2015 «Study of thermophysical properties of nanofluid thermal carriers and their effect on thermo-technical characteristics of low-potential solar stations» (Certificate of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan No. 2/1255-2047 of 25 July 2019). The use of the scientific results has made it possible to define the main parameters with high accuracy of the thermal properties of solar thermal cells.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of Introduction, four Chapters, Conclusion and Reference. The dissertation volume is 123 pages, including 38 figures, 6 tables and a list of 116 references.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть, part I)

1. Мирзаев С.З., Эгамбердиев К.Б. Поглощение ультразвука в растворах с нижней критической точкой расслаивания // Доклады Академии наук. – Ташкент, 2018. – № 5, - с.31-36 (01.00.00; №7).

2. Эгамбердиев К.Б., Мирзаев С.З. Изучение динамического рассеяния света и поглощения ультразвука в водных растворах 2,6-диметилпиридина вблизи критической точки жидкость-жидкость // Узбекский физический журнал. –Ташкент, 2018. – Т. 20, № 2, - с. 115-124. (01.00.00; №5).

3. Эгамбердиев К.Б., Мирзаев С.З., Трунилина О.В. Влияние солей на поведении вязкости вблизи критической точки жидкость-жидкость // Узбекский физический журнал. –Ташкент, 2017. – Т. 19, № 4, - с. 236-245. (01.00.00; №5).

4. Egamberdiev K.B., Mirzaev S.Z., Kaatze U. The effect of alkali halides on the critical exponents of the 2.6-dimethylpyridine-water system // American Chemical Society, Journal of Physical Chemistry B. –USA, 2016, - Vol. 120, - pp. 12379-12389 (Impact Factor Search; 2017, IF: 3,177).

5. Mirzaev S.Z., Telyaev S.Q., Egamberdiev K.B. The ultrasonic relaxation spectra furfural molecules undergoing conformation changes // Uzbek Journal of Physics. –Tashkent, 2011, - № 3, - pp. 206-210. (01.00.00; №5).

II бўлим (II часть, part II)

6. Egamberdiev K.B., Mirzaev S.Z. Density measurements and phase diagram of the aqueous solution with alkali halides added / The 7th CAS-TWAS Symposium on Green Technology. – 2018. July. – Beijing, China. – P.75.

7. Mirzaev S.Z., Egamberdiev K.B. Ultrasonic attenuation of aqueous solution of 2,6-lutidine / 21st-International Symposium on Nonlinear Acoustics (ISNA) and the International Conference on Nonlinear Elasticity in Materials (ICNEM). –2018. July. – New Mexico, USA. – P. S21-3.

8. Эгамбердиев К.Б., Авдиевич В.Н., Мирзаев С.З. Критический индекс водного раствора с -добавкой щелочных галогенидов / VI Международной Конференции Современные Проблемы Физики. –2018. Июнь. –Душанбе, Таджикистан. –С.308-309.

9. K.B.Egamberdiev, S.Z.Mirzaev, U.Kaatze, S.K.Telyaev. Investigation the effect of NaF and NaI on the critical exponents of the 2.6-dimethylpyridine – water system / VII-Международная конференция по физической электронике «IPEC-7». – 2018. Май. – Ташкент, Узбекистан. – С.145.

10. S.Z. Mirzaev, K.B. Egamberdiev, V.N.Avdievich. Rheological properties of 2,6-lutidine–water system with salt added near the demixing point / VII-Международная конференция по физической электронике «IPEC-7». – 2018. Май. – Ташкент, Узбекистан. – С.132.

11. K.B.Egamberdiev, A.A.Iskandarov. Second order phase transition behaviour of aqueous solution / Республиканская научно-техническая конференция «XXI век – век интеллектуальной молодежи. – 2018. Март. – Ташкент, Узбекистан. – С. 186-187.

12. Эгамбердиев К.Б. Адиабатическая связывающая константа водного раствора 2,6-лутидина / Роль молодежи в развитии науки и образования, Сборник материалов научно-теоретической конференции. – 2017. Ноябрь. – Ташкент. – С.65-68.

13. Egamberdiev K.B. Liquid-liquid phase transition behaviour of 2,6-dimethylpyridine-water system / 2nd-International conference on physics. – 2017. August. – Brussel, Belgium. – P.57.

14. Egamberdiev K.B., Mirzaev S.Z., Kaatze U. Study influence NaCl and NaBr on the critical exponents aqueous solution of 2,6-dimethylpyridine / 46th-World chemistry congress (IUPAC-2017). – 2017. July. – Sao Paolo, Brazil. – P.18.

15. Egamberdiev K.B., Trunilina O., Iskandarov A., Telyaev S.K., Mirzaev S.Z. Dynamic light scattering measurments of 2,6-lutidine-water system with salt added near the demixing point / Международные конференция «Фундаментальные и прикладные вопросы физики». – 2017. Июнь. – Ташкент. – С.109-112.

16. Эгамбердиев К.Б. Поглощение ультразвука вблизи фазовых переходов в водных растворах диметилпиридина / Роль молодежи в развитии науки и техники Республиканская научно-техническая конференции. –2019. Апрель. – Тошкент. –С. 5-6.

Автореферат «Тил ва адабиёт таълими» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди (09.08.2019 йил).

Босишга рухсат этилди: 04.09.2019 йил.
Бичими 60x84 $^{1}/_{16}$, «Times New Roman»
гарнитурада рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи 2,6. Адади: 100. Буюртма: № 119.

Ўзбекистон Республикаси ИИВ Академияси,
100197, Тошкент, Интизор кўчаси, 68.

«АКАДЕМИЯ НОШИРЛИК МАРКАЗИ»
Давлат унитар корхонасида чоп этилди.